

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**

**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

\_\_\_\_\_ Я. М. Корнієнко  
(підпис)

“ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## **ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**Напрямок підготовки:** 6.050503 — Машинобудування

**Спеціальність:** 133 — Галузеве машинобудування

**Програма професійного спрямування:** Обладнання лісового комплексу

**Спеціалізація:** Інжиніринг, обладнання та технології целюлозно-паперового виробництва

**на тему:** Модернізація формуючого пристрою папероробної машини.

**Комплексний**

**Виконав студент IV курсу, групи ЛБ-51**

Курмишев Олексій Салаватович

**Керівник проекту** асистент Я. В. Гробовенко

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Консультанти:**

**Охорона праці**

канд. техн. наук, доцент І. М. Ковтун

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Очікувані**

**техніко-економічні**

**показники**

к.т.н., ст. викл. О. А. Новохат

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Рецензент:**

\_\_\_\_\_ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_ О. С. Курмишев

Київ – 2019

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

Освітній ступінь: бакалавр

Напрямок підготовки: 13 – Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Я. М. Корнієнко

“\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Курмишеву Олексію Салаватовичу

**1. Тема проекту:** Модернізація формуючого пристрою папероробної машини.  
Комплексний

Керівник проекту асистент Гробовенко Я. В.

Затверджена наказом по університету від “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

**2. Термін подання студентом проекту:** 1 червня 2019р.

**3. Вихідні дані до проекту:** швидкість папероробної машини  $V = 20$  м/с, обрізна ширина полотна  $B_0 = 4,2$  м, маса квадратного метру картону  $g = 0,025$  кг/м<sup>2</sup>,  $C_{\text{маси}} = 0,6\%$ .

**4. Зміст пояснювальної записки:**

а) основна частина: розглянути існуючі конструкції формуючого пристрою, обґрунтувати вибір конструкцій формуючого вал папероробної машини; проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та

світовими аналогами, виконати розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій: технологічний, параметричний, конструктивний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкцій валу; виконати складальне креслення формуючого пристрою та його основних складальних одиниць і деталей; розробити рекомендації щодо монтажу та експлуатації формуючого пристрою; здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки.

б) економічна частина: обґрунтувати модернізацію установки та оцінити її ефективність.

в) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з експлуатацією формуючого пристрою, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, викласти основні правила безпечної експлуатації установки.

г) рекомендації щодо монтажу та експлуатації: надати рекомендації щодо монтажу та експлуатації формуючого пристрою.

**5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):** принципова схема формуючого пристрою – А2х3, складальний кресленик: вал формуючий – А1, Гауч вал – А2х3; Масонапускний пристрій – А2х3.

#### **6. Консультанти розділів проекту:**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І.М.		
Очікуванні техніко-економічні показники застосування установки	Новохат О.А.		

**7. Дата видачі завдання:** 15 квітня 2019 р.

**Студент**

\_\_\_\_\_ О.С. Курмишев  
(підпис)

**Керівник дипломного проекту**

\_\_\_\_\_ Я.В. Гробовенко  
(підпис)

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	2	3	4
1	Переддипломна практика. Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Добір матеріалів. Складання звіту з практики. (Під час проходження практики бажане виконання креслень орієнтовним обсягом – 5 форматів А1)	15.04.2019	
2	Патентне дослідження. Формування ідеї модернізації. Обґрунтування економічної доцільності.	18.04.2019	
3	Обґрунтування актуальності проекту. Опис установки. Схема формуючого пристрою. Вибір і опис конструкцій формуючого пристрою та її складових.	20.04.2019	
4	Параметричні розрахунки: визначення основних розмірів машини. Розрахунок продуктивності машини та його вузлів.	06.05.2019	
5	Розробка складальних креслень формуючого пристрою та його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів формуючого пристрою.	13.05.2019	
6	Розрахунки на міцність та жорсткість основних елементів машини. Вибір підшипників	17.05.2019	
7	Консультації відповідно до графіку з питань охорони праці, економіки, технології машинобудування, автоматизації	20.05.2019	
8	Уточнення графічної частини проекту і специфікацій	23.05.2019	
9	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань	27.05.2019	
10	Попередній захист проекту	07.06.2019	
11	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	10.06.2019	

**Студент**

**Керівник дипломного проекту**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**О.С. Курмишев**

**Я.В. Гробовенко**

## РЕФЕРАТ

УДК 676.026.24

Модернізація формуючого пристрою ПРМ: Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» /НТУУ «КПІ»; Керівник Я.В. Гробовенко. – К., 2019. – 125 с.: іл. Викон. – О.С. Курмишев – Бібліогр.: 76 с.

Дипломний проект включає розрахунково-пояснювальну записку, що складається з вступу, 8 розділів, висновка, переліку посилань та 3 додатків. Загальний обсяг роботи становить 125 с. основного тексту, 27 рисунків, 5 таблиць і 3 додатків.

Метою проекту є проектування і розробка конструкції формуючого пристрою ПРМ призначеного для формування паперового полотна.

Поставлена задача досягається вдосконаленням формуючого вала формуючого пристрою шляхом збільшення фільтрації води, виконання необхідних розрахунків, що підтверджують працездатність та надійність конструкції. На основі отриманих результатів надано висновки. Наведено список використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка містить опис технологічного процесу встановлення формуючого пристрою ПРМ, опис та обґрунтування обраної конструкції для формування паперового полотна. Графічна частина проекту включає п'ять креслень загальним форматом ХхА1, що містить: складальне креслення формуючого пристрою його формуючого вала, гауч-вала, сіткоправки, напірного ящика.

ПАПЕРОРОБНА МАШИНА, ФОРМУЮЧА ЧАСТИНА, ГАУЧ-ВАЛ, СІТКОПРАВКА, ФОРМУЮЧИЙ ЦИЛІНДР, НАПУСКНИЙ ПРИСТРІЙ.

## РЕФЕРАТ

УДК 676. 026.24

Модернизация формирующего устройства БДМ: Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» / НТУУ «КПИ»  
Руководитель Я.В. Гробовенко. - М., 2019. - 125 с .: ил. Испол. - А.С. Курмышев - Библиогр .: 76 с.

Дипломный проект включает расчетно-пояснительную записку, состоит из введения, 8 глав, заключения, списка ссылок и 3 приложений. Общий объем работы составляет 125 с. основного текста, 27 рисунок, 5 таблиц и 3 приложений.

Целью проекта является проектирование и разработка конструкции формирующего устройства БДМ предназначенного для формирования бумажного полотна.

Поставленная задача достигается совершенствованием формирующего вала формирующего устройства путем увеличения фильтрации воды, выполнение необходимых расчетов, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции. На основе полученных результатов предоставлены выводы. Приведен список использованной литературы.

Расчетно-пояснительная записка содержит описание технологического процесса установления формирующего устройства ПРМ, описание и обоснование выбранной конструкции для формирования бумажного полотна. Графическая часть проекта включает пять чертежей общим форматом ХхА1, что содержит сборочный чертеж формирующего устройства его формирующего вала, гауч-вала, сеткоправки, напорного ящика.

БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНАЯ МАШИНА, ФОРМУЮЩАЯ ЧАСТЬ,  
ГАУЧ-ВАЛ, СЕТКОПРАВКА, ФОРМУЮЩИЙ ЦИЛИНДР, НАПУСКНОЕ  
УСТРОЙСТВО.

## THE ABSTRACT

UDC 676. 026.24

Modernization of the PPM molding device: diploma project of educational qualification level "Bachelor" / NTUU "KPI"; Head Ya.V. Grobovenko - K., 2019. - 125 s. : il. Performer - O.S. Kurmyshev - Bibliographer: 76 s.

The graduation project includes an explanatory memorandum consisting of an introduction, 8 chapters, a conclusion, a list of references and 3 appendices. Total work is 125 s. main text, 27 figures, 5 tables and 3 appendices.

The purpose of the project is to design and develop the design of a PPM molding device designed to form a paper web.

The task is achieved by improving the forming shaft of the molding device by increasing the water filtration, performing the necessary calculations, which confirm the efficiency and reliability of the design. Based on the obtained results, conclusions are presented. The list of used literature is given.

The settlement and explanatory note contains a description of the technological process of installing the PPM molding device, description and justification of the selected design for the formation of a paper web. The graphic part of the project includes five drawings in the general format XxA1, which contains: an assembly drawing of the forming device of its molding shaft, a gauch-shaft, net edit, a pressure drawer.

PAPER-CUTTING MACHINE, FORMING PART, HEAVY-WHEEL, NITROGEN, FORMING CYLINDER, NAVIGATION DEVICE.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**  
**на здобуття ступеня бакалавра**

**за напрямом підготовки:** 13 – Машинобудування

**спеціальність:** 133 – Галузеве машинобудування

**спеціалізація:** Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

**на тему: Модернізація формуючого пристрою папероробної машини.**  
**Комплексний**



## Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	11
Вступ.....	12
1 Призначення та галузь застосування розробленого виробу .....	14
1.1 Опис технологічного процесу .....	14
1.2 Вибір типу преса з глухими отворами та його місце в технологічній схемі ..	17
2 Технічна характеристика.....	19
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції преса.....	20
3.1 Опис конструкції пресу з глухими отворами .....	20
3.2 Вибір матеріалів .....	24
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами.....	26
3.4 Патентне дослідження .....	29
4. Охорона праці .....	36
4.1 Віброзахист .....	36
4.2 Боротьба з шумом.....	37
4.3 Пожежна безпека.....	38
4.4 Електробезпека .....	39
4.5 Повітря робочої зони .....	40
4.6 Освітлення на робочих місцях .....	41
4.7 Огорожі формуючого пристрою ПРМ .....	42
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції.....	43
5.1 Розрахунок основних елементів формуючого пристрою .....	43
5.2.Розрахунок оболонки вала на жорсткість.....	44
5.3 Розрахунок корпусу формуючого вала на міцність.....	45
5.4 Розрахунок вала на критичне число обертів .....	47
5.5 Розрахунок гауч-вала на міцність та жорсткість .....	48
5.6 Розрахунок оболонки гауч-вала на жорсткість.....	44

					ЛБ51.705411.001 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Модернізація формуючого пристрою папероробної машини. Комплексний	Літ.	Лист	Листів
Разроб.	Курмишев						9	125
Перев.	Гробовенко							
Н.Контр.						НТУУ “КПІ”, ІХФ, каф. МАХНВ		
Затв.								

5.7 Розрахунок відсмоктувальної камери гауч-вала на міцність .....	54
5.8 Розрахунок і вибір підшипників для формуючого вала.....	56
5.9 Розрахунок потужності привода нижньої сітки.....	57
5.10 Розрахунок потужності привода верхньої сітки .....	65
5.11 Розрахунок болтового з'єднання .....	74
5.12 Розрахунок сіткоправки.....	76
6 Рекомендації, щодо монтажу та експлуатації .....	78
6.1 Монтажні роботи.....	78
7 Рівень стандартизації та уніфікації .....	80
8 Очікувані техніко-економічні показники .....	82
8.1 Обґрунтування необхідності модернізації.....	82
8.2 Розрахунок суми капітальних витрат .....	84
8.3 Розрахунок економічного ефекту від впровадження модернізації .....	85
8.4 Оцінка ефективності модернізації формуючого пристрою паперової машини .....	88
Висновок .....	90
Вывод.....	92
Conslusion .....	94
Перелік посилань.....	96
Додаток А Документація до патентного дослідження .....	100
Додаток Б Програма розрахунку формуючого вала на жорсткість .....	111
Додаток В Патенти, які використані в патентному дослідженні .....	115
Додаток Г Публікації автора .....	124

Зам.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні скорочення:

ПРМ – папероробна машина;

КРМ – картоноробна машина;

ПрАТ «ККПК» – Приватне акціонерне товариство «Київський картонно-паперовий комбінат»

ККД – коефіцієнт корисної дії.

Умовні позначення:

$D$  – зовнішній діаметр оболонки вала, м;

$D_2$  – внутрішній діаметр оболонки вала, м;

$d$  – діаметр цапф вала, м;

$L$  – довжина вала між осями підшипників, м;

$V_c$  – довжина робочої поверхні вала, м;

$V$  – швидкість, м/с (м/хв);

$N$  – потужність, Вт;

$T$  – тягове зусилля, Н.

$g$  – маса 1 м<sup>2</sup> паперового полотна, кг/м<sup>2</sup> (г/м<sup>2</sup>);

$n$  – частота обертання, с<sup>-1</sup>;

$I$  – момент інерції, м<sup>4</sup>;

$G$  – сила тяжіння валу, Н;

$m$  – маса, кг;

$Q$  – навантаження, Н;

$f$  – прогин, м;

$\sigma$  – напруження, МПа;

$E$  – модуль пружності, Н/м<sup>2</sup>;

$M$  – момент, Н·м;

$F$  – сила, Н.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

В нинішній час папір і картон є невід'ємною частиною нашого життя, що важко уявити існування цивілізованого населення без нього. Папір і картон для нас – не тільки книги, газети, журнали, предмети санітарно-гігієнічного і побутового призначення, а і науково-технічний прогрес. Папір і картон зараз все більше використовують в таких галузях, як електроенергетика, радіоелектроніка, машино- і приладобудування, космонавтика та т. ін. Так водію, який сидить за рулем легкового автомобіля, майже не відомо, що в цій машині більше ніж сто комплектувальних деталей зроблено з різних видів паперу і картону і продуктів переробки целюлози [1].

Одна з основних тенденцій сучасного ринку – будь-яка продукція повинна бути упакована. Значну частку серед видів упаковки займає упаковка різних видів картону. Причин цьому кілька: низька вартість, можливість автоматичного виконання основних технологічних операцій, зручність доставки і т.д. Тому розвиток целюлозно-паперової промисловості відбувається відносно швидкими темпами.

Виготовлення паперу і картону є досить складним, багатоопераційним процесом, який потребує велику кількість різних видів дефіцитних волокнистих напівфабрикатів, природної сировини і хімічних речовин. Це пов'язана також з великими втратами теплової і електричної енергії, свіжої води і інших ресурсів. Для того, щоб вирішити це завдання становленням і розвитком паперового і картонного виробництва в Україні, підвищення його ефективності, необхідно мати висококваліфіковані кадри інженерно-технічних робітників і технологів, які повинні знати фізико-хімічні процеси, що проходять на різних технологічних стадіях даного виробництва.

У зв'язку з інтенсивним розвитком целюлозно-паперової промисловості дуже актуальною стає проблема модернізації застарілих формуючих частин, котрі вже не задовольняють сучасним вимогам виробництва.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мета даного дипломного проекту – розробка формуючого пристрою ПРМ, для формування паперу масою  $0,025\text{кг/м}^2$  на швидкості 20 м/с, обрізною шириною 4,2 м.

Поставлена мета досягається вирішенням ряду завдань, а саме:

- визначення силових факторів, що діють на формуючий вал;
- розрахунок корпусу формуючого вала на міцність;
- розрахунок на міцність цапф формуючого вала;
- розрахунок кількості болтів;
- підбір підшипників кочення та розрахунок їх за динамічною вантажопідйомністю;
- розрахунок потужності приводу верхньої та нижньої формуючих сіток.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Призначення та область використання формуючого пристрою

## 1.1 Опис технологічного процесу

Формуючий пристрій ПРМ призначений для формування і зневоднення паперового полотна. Процес формування паперового полотна досить складний, і залежить від багатьох факторів, більшість яких є змінними. До таких факторів зазвичай відносять: швидкість машини, концентрація паперової маси, температура та в'язкість паперової маси, натяг формуючих сіток, флокуляція.

Технологічна схема папероробної машини зображена на рисунку 1.1.

Перша стадія формування санітарно-гігієнічного паперу – це підготовка паперової маси. Після приготування маси у роздольно-підготовчому цеху та додавання наповнювачів, клеїв та фарб, вона подається до мішального басейну. В цьому басейні паперова маса акумулюється. Після акумулювання маса проходить рафінування. На цьому етапі в паперовій масі вирівнюють ступень помолу волокон та усувають їх пучки. Перед подачею паперової маси в формуючий пристрій, вона розбавляється водою до заданої концентрації. Після проходження підготовчих етапів паперова маса надходить в напірний ящик, з якого під заданим тиском подає масу у захват двох сіток.

Напускний ящик має складну конструкцію з конусним розподілювальним пристроєм, для стабілізації потоку маси, та сопловими щілиною, що складається з двох губ. Для регулювання потоку маси та ширини щілини, є можливість переміщувати нижню плиту до якої прикріплена нижня губа.

Формування паперового полотна відбувається в захваті двох сіток на формуючому валу. Паперова маса подається з напірного ящика безперервно і рівномірно по всій ширині робочої формуючої частини. Швидкість паперової маси зазвичай трохи нижча за швидкість валу з сітками, завдяки цьому паперові волокна витягуються вздовж напрямку руху сіток. Через це, міцність паперу, вища у машинальному напрямку (напрямок руху сіток). Від конструкції формуючого пристрою ПРМ значною мірою залежить якість вихідної продукції.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.1 – Технологічна схема папероробної машини

Після формуючого вала, сітка з паперовим полотном огинає гауч-вал, переносючи полотно на пересмоктуючий пристрій пресової частини. Після цього сітка проходить регенерацію в сіткомийках та допоміжні вали: сіткоправки та сітконатяжки. Допоміжні вали запобігають провисанню та зміщенню сітки. Процес очищення сітки дуже важливий тому що залишкові частинки полотна та волокон погіршують подальшу фільтрацію води, що в свою чергу значно погіршує якість паперового полотна, призводячи до нерівномірності структури та можливих обривів паперового полотна.

Видалена на формуючому валу вода потрапляє у дефлектор, звідки відводиться для повторного використання у процесі підготовки паперової маси. Сітки мають вигляд безкінечного полотна і рухаються по колі зі швидкістю 15-20 м/с, в залежності від швидкості формуючого пристрою. В залежності від необхідних значень масі  $1 \text{ м}^2$  готового паперу, регулюється відстань між валом формуючим та гауч-валом. Зазвичай від 5 до 40 мм.

Швидкість та рух нижньої сітки забезпечується формуючим валом. Також привідним валом нижньої сітки є гауч-вал. Верхню сітку у рух приводить грудний вал.

Сітконатяжка приводиться в рух пневматичним двигуном. Тип пристрою натягу – важільний.

Після гауч-вала, паперове полотно знімається з формуючої сітки пересмоктуючим валом пресової частини. Гауч-вал виготовлений з гумованим покриттям. В середині гауч-вал має дві вакуум камери. У великій вакуум камері підтримується вакуум від 20 кПа до 40 кПа, в меншій робочій зоні в рівні 70-80 кПа.

Формуючий пристрій ПРМ призначений для паперу обрізною шириною до 4250 мм, швидкістю до 20 м/с (1200 м/хв), масою одного метра квадратного картону  $0,025 \text{ кг/м}^2$ , з  $C_{\text{маси}}=0.6\%$ .

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

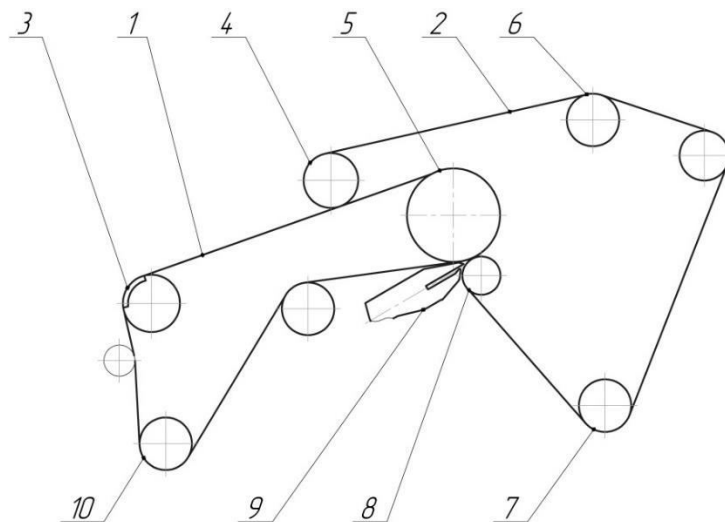


## 1.2 Вибір типу формуючого пристрою і його місце в технологічній схемі

У світовій паперовій галузі найпоширеніші види формуючого пристрою це двосіткові та плоскосіткові. В Україні та зокрема на ПрАТ «ККПК», для виготовлення паперового полотна використовують двосітковий формуючий пристрій.

Найголовніші переваги двосіткового формуючого пристрою над плоскосітковий – це менші габарити пристрою та кращі характеристики паперового полотна. Формування двома сітками зменшують шанс утворення розшаровування паперу, флокуляції, порушення розподілу компонентів паперу по його товщині та анізотропії паперового полотна. Двосіткові формуючі пристрої дозволяють працювати з високими концентраціями паперової маси, а також мають трохи більшу продуктивність ніж плоскосіткові пристрої.

На ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат», папероробна машина оснащена двосітковим формуючим пристроєм фірми «Voith», типу «Дуоформер Т» (рисунок 1.2) [5].



1 – нижня сітка, 2 – верхня сітка, 3 – гауч-вал, 4 – сіткоповоротний вал, 5 – формуючий вал, 6 – сітководучий вал, 7 – сітконатяжний вал верхньої сітки, 8 – грудний вал, 9 – масонапускний пристрій, 10 – сітконатяжний вал нижньої сітки

Рисунок 1.2 – Схема двосіткової формуючого пристрою фірми «Voith», типу «Дуоформер Т»

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виготовленні санітарно-гігієнічного паперу, даний формуючий пристрій працює за швидкості 1200 м/хв.

Конструкція формуючого пристрою «Дуоформер Т» складається з формуючого вала та грудного вала, на які одягнуті дві безкінечні формуючі сітки. Напірного ящика, який подає під тиском паперову масу у захват двох сіток, та гауч-вала, який утримую паперове полотно на нижній сітці. Також формуючий пристрій оснащений допоміжними пристроями такими як: сіткоправки, сітконатяжки, сіткомийки та шабери.

Сухість паперового полотна після формуючого пристрою «Дуоформер Т» складає приблизно 20 – 23%.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Технічна характеристика формуючого пристрою

Технічні характеристики наведені в таблиці 2.1

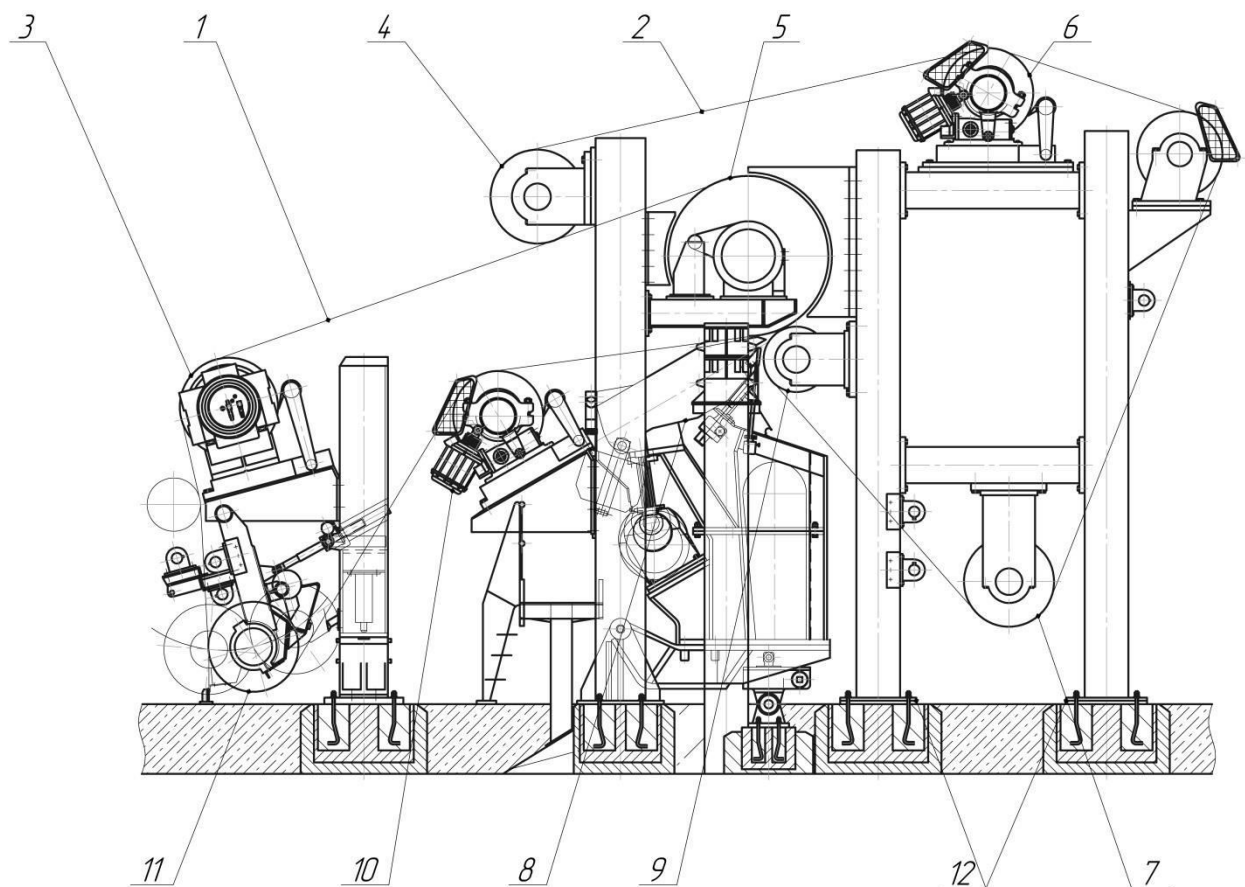
Таблиця 2.1 - Технічна характеристика двосіткового формуючого пристрою ПРМ.

Найменування	Одиниця вимірювання	Показник
Продуктивність при виготовленні паперу масою 0,025 кг/м <sup>2</sup>	кг/ГОД	5450
Обрізна ширина паперу	м	4,25
Швидкість машини	м/с (м/хв)	20 (1200)
Робоча ширина валів	м	5
Ширина верхньої сітки	м	4,8
Ширина нижньої сітки	м	4,8
Довжина між опорами гауч-валу	м	6,1
Довжина між опорами формуючого валу	м	5,6
Габаритні розміри формуючого пристрою: — довжина — ширина — висота	м	10,7 6,5 7,5
Маса формуючого пристрою	кг	125000
Потужність приводу верхньої сітки	кВт	90
Потужність приводу нижньої сітки	кВт	130

### 3 Опис і обґрунтування обраної конструкції

#### 3.1 Конструкція та принцип дії формуючого пристрою, основних складальних одиниць та деталей

На рисунку 3.1 зображено схему двосіткового формуючого пристрою «Дуоформер Т». Основні складальні одиниці формуючого пристрою, що розробляються є вал формуючий, грудний вал, гауч-вал, напірний ящик, сіткоправки та сітконатяжки, дві безкінечні формуючі сітки.



1 – нижня сітка, 2 – верхня сітка, 3 – гауч-вал, 4 – ведучий вал верхньої сітки, 5 – вал формуючий, 6 – верхня сіткоправка, 7 – верхня сітконатяжка, 8 – напірний ящик, 9 – грудний вал, 10 – нижня сіткопрака, 11 – нижня сітконатяжка, 12 – станини

Рисунок 3.1 – Двосітковий формуючий пристрій типу «Дуоформер Т»

Найважливішою частиною формуючого пристрою ПРМ є дві сітки. Вони зв'язують усі окремі елементи формуючого пристрою та слугують

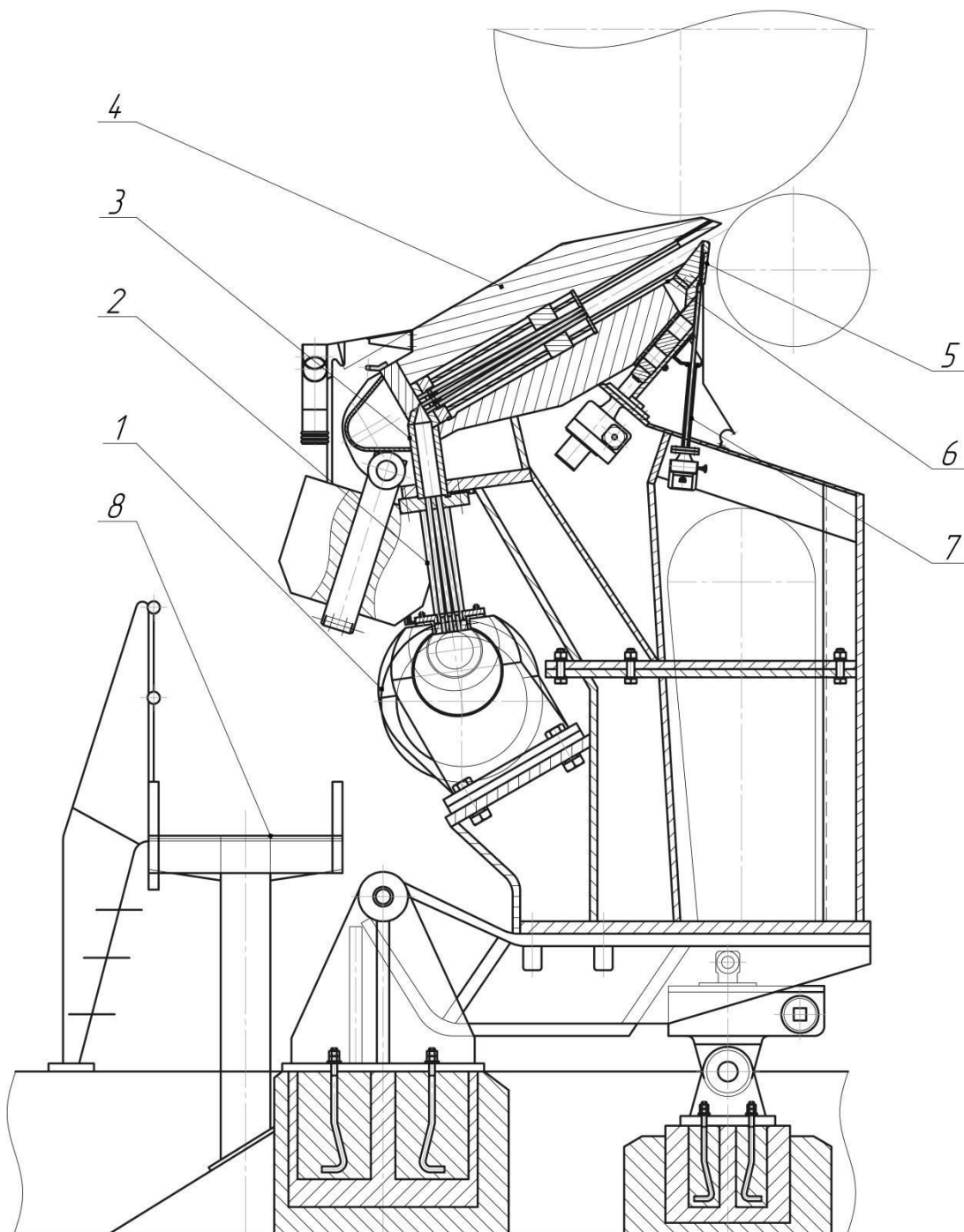
формувальною формою паперового полотна. При поганій якості сіток чи їх ушкодженях, на паперовому полотні з'являтися маркування. Нижня сітка натягується між грудним валом та сітководучим. Верхня сітка натянута між формуючим валом, гауч-валом та сітконятяжкою.

Напірний ящик гідродинамічного типу (рисунки 3.2) сконструйований для рівномірного та постійного подання паперової маси у захват двох сіток. Його розподільна плита розподіляє потік паперової маси на всю робочу зону папероробної машини. Маса поступає у конічний колектор який вирівнює тиск, після чого маса поступає у патрубки із яких вже надходить у камеру вирівнювання потоку. Ця камера запобігає турбулентному руху паперової маси, тому що це негативно впливає на процес формування паперового полотна та на фізичні властивості паперу.

Із камери вирівнювання потоку, паперова маса потрапляє у плиту, де по утвореному пластинами каналу подається у зазор між формуючим валом та грудним валом. На кінці каналу встановлені губи з можливістю їх регулювання для контролювання потоку паперової маси. Завдяки губам можливо виставити товщину потоку маси, що подається у захват двох сіток, по всій довжині робочої поверхні формуючого пристрою папероробної машини.

Цей напірний ящик для формуючого пристрою папероробної машини найпоширеніший в галузі та характеризується простотою конструкції. Також напірний ящик має можливість працювати під малим тиском паперової маси. Даний напірний ящик не має рухомих деталей в середині, що впливає на його довговічність та ремонтоздатність.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- 1 – конічний колектор, 2 – патрубки, 3 – камера вирівнювання потоку маси,  
 4 – плита, 5 – нижня губа, 6 – пластини,  
 7 – механізм регулювання положення нижньої губи, 8 – обслуговуючі сходи

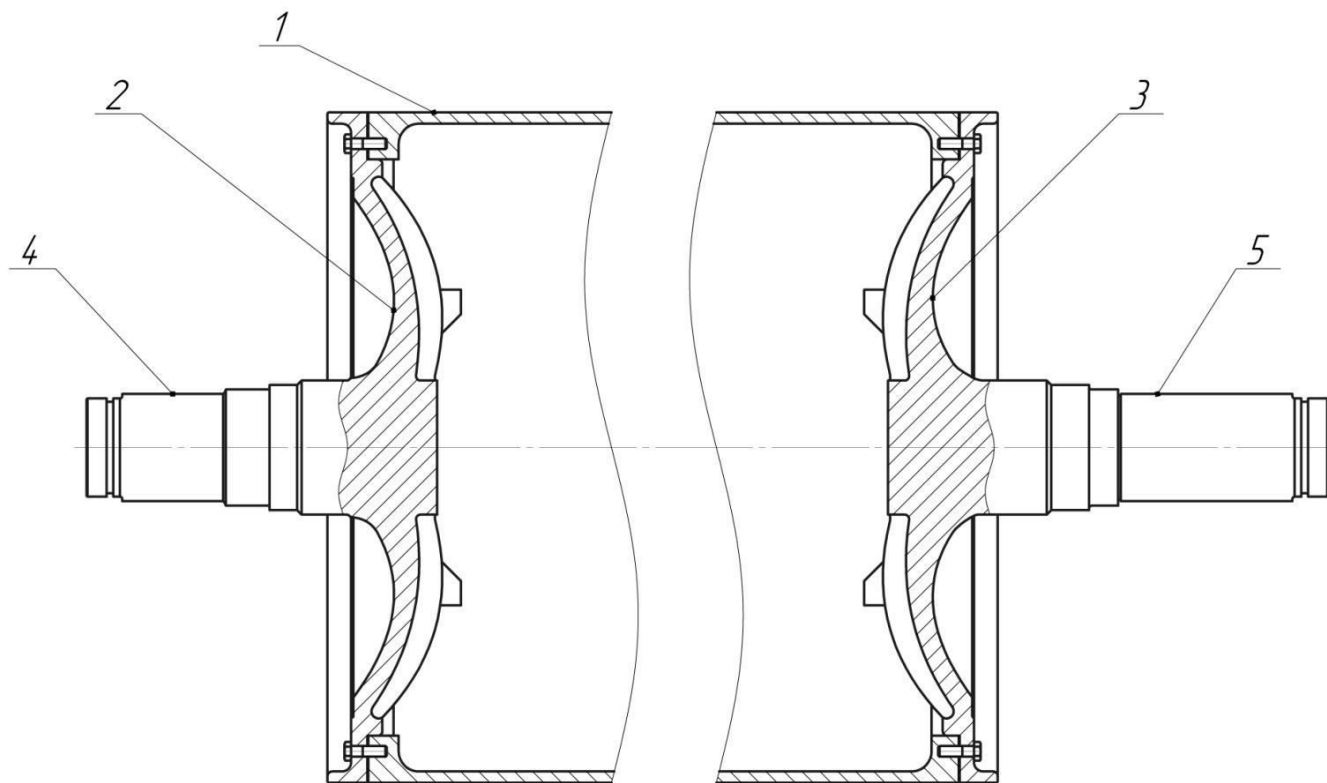
Рисунок 3.2 – Напірний ящик гідродинамічного типу

Паперове полотно формується в захваті між двома сітками на поверхні формуючого вала (рисунок 3.3). Завдяки відцентровій силі та стисканню сітками, з паперового полотна починається видалення води.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ51.705411.001 ПЗ

Арк.  
22



1 – оболонка вала, 2-3 – кришки, 4 – цапфа лицьова,  
5 – цапфа приводна

Рисунок 3.3 – Формуючий вал

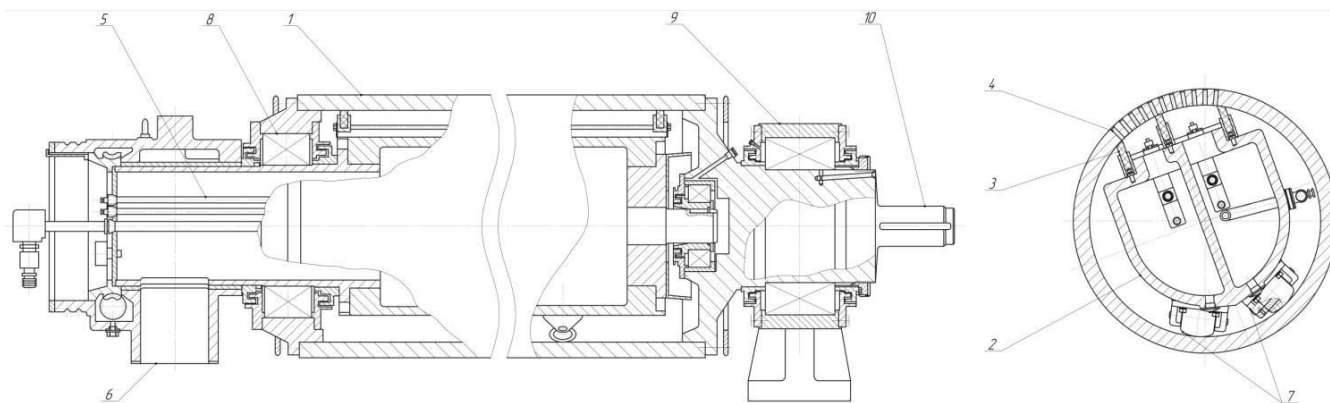
Вода відводиться у двох напрямках: зовнішньому – завдяки відцентровій силі обертання формуючого вала, та внутрішній – через нижню сітку у пористий шар (панчохи). Даний формуючий вал складається із оболонки, двох кришок, приводної та лицьової цапфи.

Воду, яка відпресовується. Збирається дефлекторами та використовується повторно у розбавленні маси.

Використання пористого шару (панчохи) на формуючому валу має наступні переваги:

- висока швидкість зневоднення;
- забезпечення однорідності формованого паперового полотна на сітках;
- простота в обслуговуванні;

Верхня та нижня сітки приводяться у рух приводними валами. Для нижньої сітки таким валом є формуючий вал, а також допоміжним гауч-валом, який завершує зневоднення паперового полотна.. Для верхньої сітки приводним валом є грудний вал. На рисунку 3.4 зображена схема двокамерного гауч-вала.



1 – оболонка, 2 – вакуум-камери, 3 – ущільнення, 4 – наскрізні отвори в оболонці, 5 – повітропровід для пневматичного притискання камер, 6 – повітропровід, 7 – ролики для переміщення вакуум-камер, 8 – підшипниковий вузол відсмоктувальної камери, 9 – підшипниковий вузол гауч-валу, 10 – цапфа приводна

Рисунок 3.4 – Двокамерний гауч-вал

Гауч-вал має складну конструкцію з багатьох деталей. Ззовні він складається з перфорованого циліндра який обертається разом з формуючою сіткою. В середині нього знаходиться дві нерухомі відсмоктуючі камери. Також в середині розміщені очисні механізми, так як волокна паперової маси можуть забруднювати внутрішню камеру та отвори оболонки. Одна з відсмоктуючих вакуумних камер має більші розміри. В свою чергу це дозволяє підвищувати вакуум до 80 кПа у вузьких зонах та до 50 кПа у широких.

Лицьова цапфа гауч-вала являється пустотілою тому що через неї проходять патрубки відсмоктувальних вакуум камер. Приводна цапфа виготовлена цільною.

Отвори в перфорованій оболонки мають діаметр 8 мм. Через високий шум, при роботі вакуума гауч-вала, для його зменшення отвори в оболонці нарізають спіралью, що дозволяє суттєво зменшити робочий шум.

### 3.2 Вибір матеріалів

Проаналізувавши основні конструкції формуючих пристроїв на світовому ринку та умови експлуатації формуючого пристрою на ПрАТ «Київський

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



картонно-паперовий комбінат», були визначені наступні чинники при виборі матеріалів.

- умови роботи пристрою та характер навантажень;
- призначення деталей та їх конструкції;
- механічні властивості матеріалів за визначених умов експлуатації;
- собівартість матеріалів;
- можливості металургійної промисловості.

Однією з найважливіших частин формуючого пристрою є сітки. Так як вони безпосередньо контактують з паперовим полотном, від їх матеріалу та якості буде залежати подальша якість паперу та ефективність роботи формуючого пристрою. Для гарантованої працездатності сіток, до них пред'являють особливі вимоги:

- стійкість сітки до стирання та розривання;
- корозійна стійкість;
- достатня водопроникність;
- достатня щільність для формування паперового полотна.

У промисловості прийняті такі технічні позначення: матеріал сітки, тип плетіння сітки, промисловий номер сітки, товщина дроту, розмір щілин та їх кількість на 1 см<sup>2</sup>. Для виготовлення заданого паперу з масою 0,025 кг/м<sup>2</sup>, рекомендовано сітки від 28 до 32 номеру [11].

Оболонки валів папероробної машини зазвичай відливаються з чавунів. Найчастіше використовують марку чавуну СЧ30. Вироби з цією маркою чавуну мають гарні характеристики зносостійкості та міцності при роботах в умовах постійного тертя. Також великою перевагою марки чавуну СЧ30 є його гарні ливарні властивості, добре поглинання вібрацій, а саме головне, мала вартість в порівнянні з іншими матеріалами. Окрім цього, чавун СЧ30 використовується для виготовлення станин папероробних та картоноробних машин.

Поверхні валів які контактують з формуючими сітками або папером ретельно обробляють, шліфують та покривають гумою. Товщина гумування приблизно 50мм та має твердість від 20 до 40 одиниць ТШМ.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

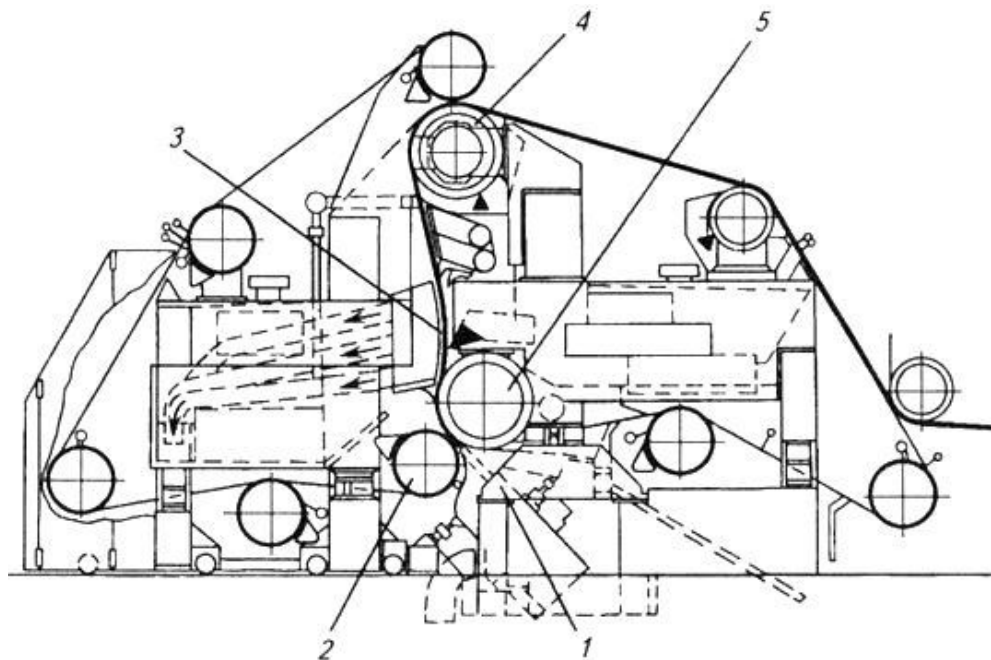
Цапфи запресовані у корпуси валів, на них встановлюють підшипники двохрядні циліндричні роликові підшипники легкої серії № NNU 4156 K30M/W33 фірми SKF. Корпус підшипників закриті кришками з обох сторін. Для ущільнення використовують конденсат не мастило, воно заповнює пусте місце. Кришки закріплені за допомогою шпильок та гвинтів. Матеріал кришок підшипників СЧ25.

Так як цапфи валів працюють в умовах розтягу та стиснення, найкращим матеріалом для них слугую сталь. Цапфи виготовляють з конструкційних сталей зазвичай марки 40Х, Гост 4543-71. У порівнянні з високо вуглецевими сталями, сталь 40Х має більшу оптимальну твердість та міцність для роботи в заданих умовах.

### **3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами**

Аналогами до конструкції двосіткового формуючого пристрою, що розробляється у дипломному проекті, є формуючі пристрої фірми «Valmet» та «Beloit Corporation». Схема формуючого пристрою SpedFormer ХС фірми «Valmet», зображено на рисунку 3.5. Схема двосіткового формуючого пристрою фірми «Beloit Corporation» для виготовлення паперу, зображено на рисунку 3.6.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – напірний ящик, 2 – грудний вал, 3 – вакуумний башмак, 4 – гауч-вал, 5 – вал формуючий

Рисунок 3.5 – Схема формуючого пристрою SpedFormer XC фірми «Valmet»

У формуючому пристрої SpedFormer XC головними зневоднювальними пристроями є вал формуючий та вакуумний башмак. Паперове полотно формується у захваті двох сіток на формуючому валу та початково зневоднюється. Завдяки вакуумному башмаку, проводиться повторна фільтрація води через дві сітки. Перевага даної конструкції формуючого пристрою – швидкість 100 м/хв та рівномірна фільтрація через дві сітки.

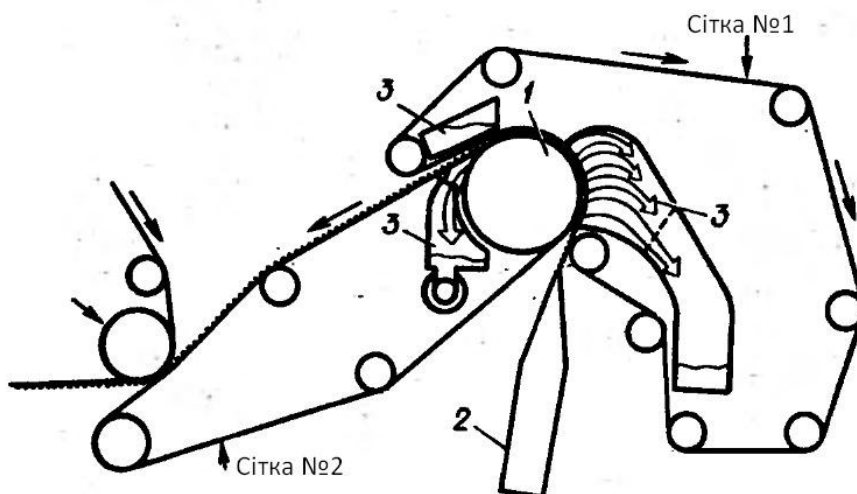
Головним недоліком є великі витрати електроенергії на створення вакууму.

Конструкція двосіткового формуючого пристрою фірми «Beloit Corporation» є більш універсальною. Встановлений напірний ящик дає можливість перелаштовування формуючого пристрою на виготовлення двошарових паперових листів. Також можливо використовувати в якості формуючого вала – відсмоктуючий вал.

Паперова маса подається з напірного ящика в захват двох сіток, після чого відбувається формування паперового полотна на гладкому валу, з діаметром 1520 мм. Під дією відцентрових сил, вода з паперового полотна

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фільтруються через верхню сітку ( №1 ). Відфільтрована вода вловлюється дефлекторами. В залежності від ступеня помолу маси швидкість двосіткового формуючого пристрою фірми «Beloit Corporation» від 975 м/хв. до 1900 м/хв.



1 – вал формуючий, 2 – напірний ящик, 3 – дифлектор

Рисунок 3.6 – Схема двосіткового формуючого пристрою фірми «Beloit Corporation»

Розроблювана у дипломі конструкція двосіткового формуючого пристрою типу «Дуоформер Т», найбільш наближена до аналогів формуючого пристрою SpedFormer ХС фірми «Valmet» та двосіткового формуючого пристрою фірми «Beloit Corporation».

Порівняльна характеристика основних показників двосіткового формуючого пристрою ПРМ, що розробляється у дипломі, із аналогами

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика основних показників двосіткового формуючого пристрою ПРМ, що розробляється у дипломі, із аналогами.

Параметр	Beloit Corp.	Sped-Former ХС	Модернізовани й формуючий пристрій
Максимальна робоча швидкість машини, м/хв, (бали)*	1200 (3)	1000 (2)	1200 (3)
Обрізна ширина паперу, м, (бали) *	4,25 (3)	4,2 (2)	4,25 (3)

Ширина паперу на накаті, м, (бали) *	4,3 (3)	4,3 (3)	4,3 (3)
Продуктивність машини (при масі паперу 25 г/м <sup>2</sup> ), кг/год, (бали) *	5450 (3)	5250 (2)	5450 (3)
Сухість полотна після формуючої частини, %, (бали)*	24 (2)	24 (2)	26 (3)
Витрати електроенергії, кВт, (бали)*	200 (3)	250 (2)	200 (3)
<b>Сума балів</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>18</b>

\* Максимальний бал за основні показники формуючих частин дорівнює 3.  
Мінімальний бал – 1.

Висновки: провівши порівняння проектного формуючого пристрою ПРМ з аналогами, було отримано більшу кількість балів через забезпечення кращої сухості паперового полотна та менші витрати електроенергії. Враховуючи переваги запропонованої конструкції, доцільніше використовувати її.

### 3.4 Патентне дослідження

В дипломному проекті розроблено формуючий вал в складі формуючого пристрою папероробної машини.

Об'єктами патентного пошуку були:

- 1) формуючий пристрій папероробної машини;
- 2) конструкції формуючих валів;
- 3) системи вдосконалення валів.

Метою пошуку інформації є визначення патентної спроможності розробленого формуючого вала формуючого пристрою папероробної машини, а також визначення тенденцій розвитку техніки у даних напрямків.

Для пошуку патентів, було встановлені наступні держави пошуку: Україна, Російська Федерація, Німеччина, США, ЄСР, Китай.

Термін дії патенту на винахід в Україні становить 10 років, а патенту на корисну модель становить 6 років. Через це, регламент пошуку встановлюємо в проміжку 2009 – 2019 рр.

Класифікаційні індекси:

- уніфікована десяткова класифікація: УДК 676.056, 676.056.23/.27, 676.056.23, 676.056.32.
- міжнародна патентна класифікація: D21F 1/00, D21F 1/48, D21F 3/10 (2006.01).

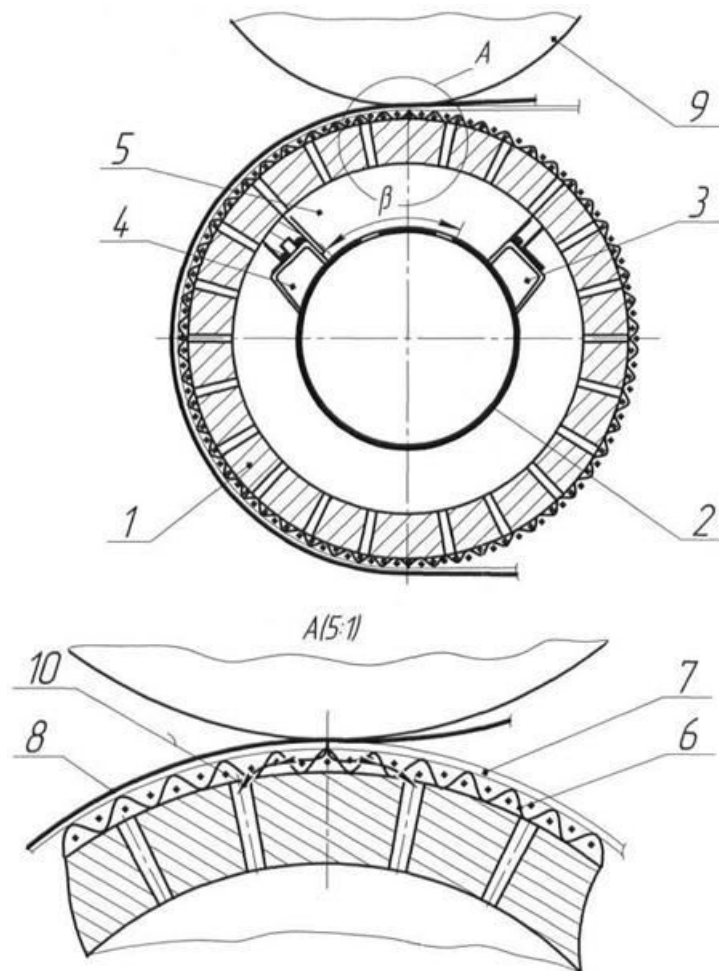
Використовувані джерела інформації:

- патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Укрпатенту, Роспатенту та відкритих патентних відомств США, Німеччини, Китаю.
- науково-технічна інформація: навчальні посібники та підручники з проектування обладнання целюлозно-паперових виробництв.

В додатку А, наведені патенти та їх джерела пошуку.

У патенті [13] на корисну модель наведена конструкція відсмоктуючого вала з сітчастим покриттям (рисунок 3.7), що складається із рухомої оболонки, перфорованою отворами, та нерухомої відсмоктуючої вакуум камери. На зовнішній поверхні рухомої оболонки розміщена сітка у вигляді панчохи.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – перфорована оболонка, 2 – відсмоктуюча камера, 3 – перше ущільнення, 4 – друге ущільнення, 5 – камера відсмоктування, 6 – сітчасте покриття у вигляді панчохи, 7 – пресове сукно, 8 – картонне полотно, 9 – пресовий вал 10 – потік води.

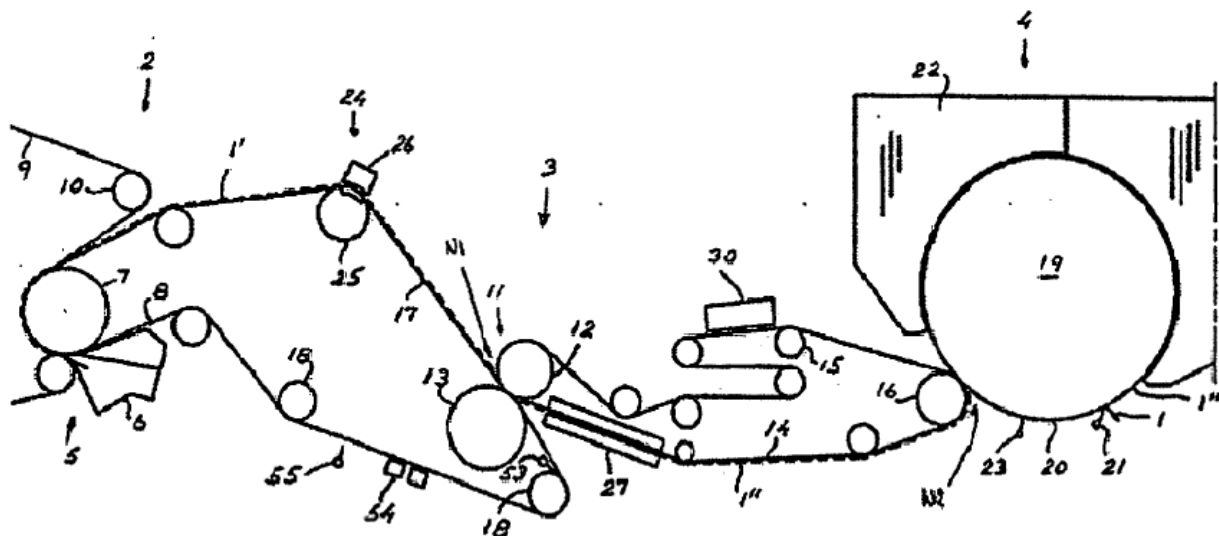
Рисунок 3.7 – Схема відсмоктувального вала з сітчастим покриттям

Ця конструкція близька за технічним рішенням до модернізації формуючого вала.

Перевагою цієї конструкції є: зменшення шуму при роботі вакуумної камери; сітка перекриває отвори запобігаючи маркуванню полотна.

Недоліком даної конструкції є: значні енергозатрати на створення вакууму у відсмоктуючій камері; металоємність та складність конструкції відсмоктуючого вала; перфорована оболонка забивається волокнами через що потребує постійного очищення.

У патенті [20] наведено конструкцію формуючий пристрій з структуруючою стрічкою для виготовлення паперового полотна (рисунок 3.8), що складається з формуючого та грудного валу, допоміжних валів, додаткових формуючих стрічках.



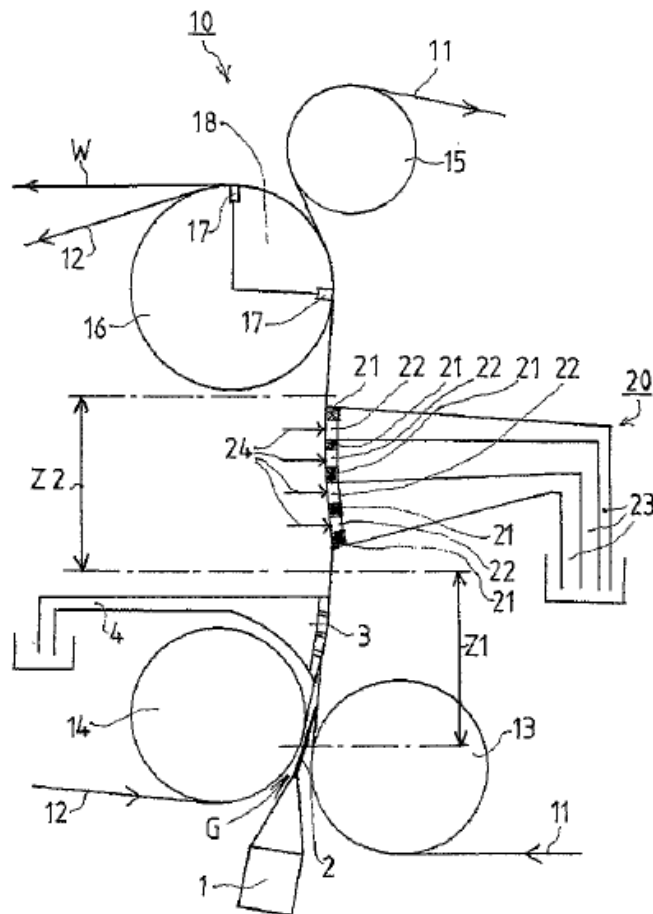
1 – паперове полотно, 2 – мокра частина, 3 – пресова частина, 4 – сушильна частина, 5 – формуючий пристрій, 6 – напірний ящик, 7 – формуючий вал, 8 – нижня сітка, 9 – верхня сітка.

Рисунок 3.8 – Формуючий пристрій з структуруючою стрічкою для виготовлення паперового полотна

Недоліками даної конструкції є: складна конструкція яка передбачає встановлення додаткових нагрівальних плит для кращого обезводнення паперового полотна. Великі енергозатрати на нагрів полотна.

В патенті [21] наведений дворядний двосітковий формуючий пристрій (рисунок 3.9).





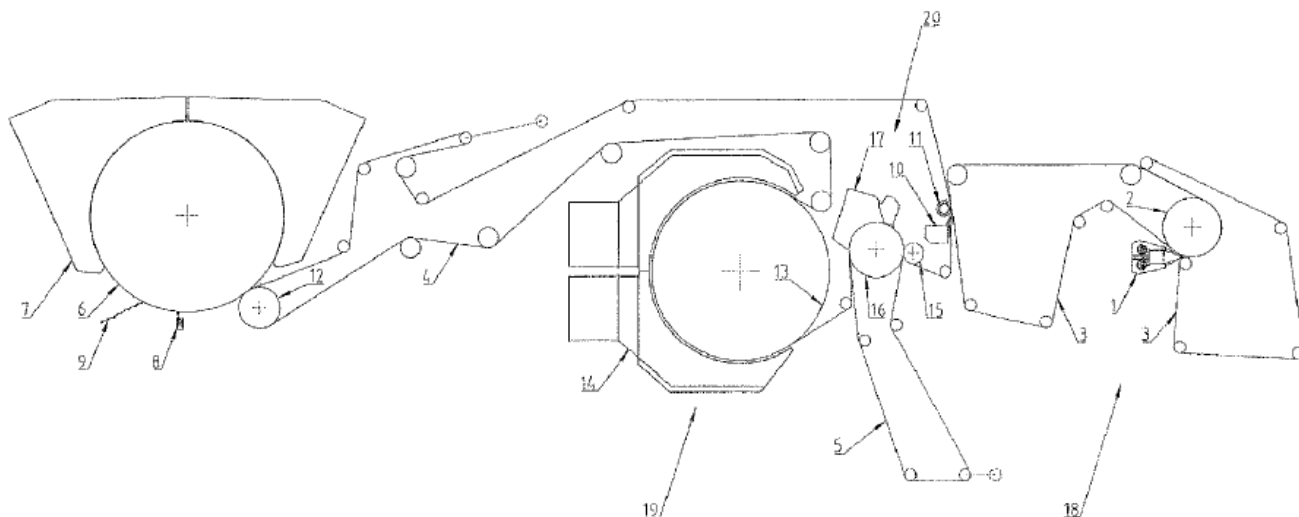
1 – напірної ящик, 2 – полотно, 3 – відсмоктуючий башмак, 11-12 – сітки, 13-14, – формуючий вал, 15 – сітковедучий вал, 16 – гауч-вал

Рисунок 3.9 – Дворядний двосітковий формуючий пристрій

Головними недоліками даної конструкції є значні витрати енергії на процес зневоднення паперового полотна, шляхом створення вакууму у відсмоктуючи башмаках та камерах.

У патенті [22] наведений спосіб отримання паперового полотна на папероробній машині, в якій паперова маса зневоднюється в машині Twin Wire Former, що створена для формування паперового полотна. На рисунку 3.12, наведена схема Twin Wire Former.

Паперова маса потрапляє у захват двох сіток, та затиснута проходить зневоднення. Після формуючого пристрою Twin Wire Former, паперове полотно потрапляє на відсмоктуючий вал. Відсмоктуючий вал складається із перфорованої оболонки що обертається, в середині якої знаходяться три відсмоктуючи вакуум камери.



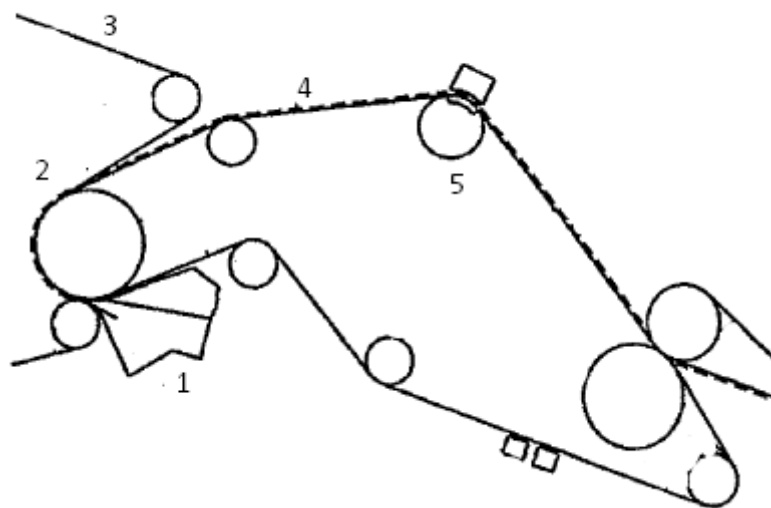
1 – напірний ящик, 2 – відсмоктувальний вал, 3 – сітка, 4 – сукно, 5 – сукно,  
6 – янкі циліндр, 7 – ковпак для сушіння

Рисунок 3.10 – Схема формуючого пристрою Twin Wire Former

Недоліками даної конструкції є: неможливість збільшити швидкість машини; великі енергозатрати на створення вакууму у відсмоктуючому валу.

В патенті [23] наведено конструкцію формуючого пристрою папероробної машини. На рисунку 3.13, наведено схему формуючого пристрою.

Пристрій складається з відсмоктувального валу камерного типу, що в свою чергу складається із бронзової оболонки, що перфорована. В середину рухомої зовнішньої перфорованої оболонки, встановлено чавунну нерухому камеру, шириною 200 мм.



1 – напірний ящик, 2 – вал формуючий, 3 – верхня сітка, 4 – нижня сітка,  
5 – гауч-вал

Рисунок 3.13 – Схема формуючого пристрою

Всередині оболонки гауч-вала встановлено водний сприск, призначений для очищення перфорованих отворів від волокон паперової маси. З торців камери розташовано рухомі перегородки – декелі, вони обмежують камеру по ширині паперу. Вакуум-камеру з'єднано із всмоктуючим трубопроводом потужного вакуум-насоса.

Головними недоліками конструкції є великі витрати енергії на створення вакууму та значна металоємність конструкції.

## 4.Охорона праці

Для забезпечення належного рівня охорони праці співробітників паперо- та картоноробних підприємств проводять попередній науковий аналіз умов праці, виробничих процесів, конструкції машин та обладнання на предмет імовірності виникнення небезпечних факторів, виділення шкідливих виробничих речовин. На основі попереднього наукового аналізу визначаються небезпечні етапи виробництва, можливість виникнення аварійних ситуацій, їх характер та розробляються методи усунення чи обмеження наслідків.

Тема дипломного проекту: «Модернізація формуючого пристрою папероробної машини. Комплексний». Обслуговуючий персонал – це оператор, який обслуговує формуючий пристрій ПРМ, знаходячись біля пульта керування. Робоче приміщення площею  $S = 24 \text{ м}^2$  і об'ємом  $V = 72 \text{ м}^3$ .

Робота на целюлозно-паперовому виробництві відноситься до роботи з підвищеною безпекою. Основними шкідливими факторами на виробництві являються нижче приведені фактори:

- повітря робочої зони;
- безпека впливу деталей, що рухаються та обертаються, виробляючи виробничий шум та вібрації;
- безпека ураження електричним струмом;
- пожежна безпека;
- виробниче освітлення.

Аналіз шкідливих небезпечних факторів, а також засоби та заходи по забезпеченню належних умов праці, розглянуто нижче.

### 4.1 Віброзахист

Основними джерелами вібрації в приміщенні є обертові частини формуючого пристрою ПРМ. Такими частинами вважаються формуючий циліндр, грудний вал, сіткоповоротні та сітконатяжні вали, електродвигуни, насосні установки. В таких

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частинах виникають неврівноважені сили, котрі передаються будівельним конструкціям, викликаючи їх вібрацію.

Вібрації будівельних конструкцій є причиною шуму в суміжних приміщеннях. Тому розташування інженерного обладнання в приміщеннях вимагає вживання заходів щодо зниження вібрації будівельних конструкцій до величин, котрі забезпечують допустимий рівень шуму в приміщеннях.

Найефективнішим та технічно-доцільним методом зниження вібрацій конструкцій це зрівноваження сил.

Для запобігання вібрацій виконані такі роботи:

- динамічне балансування усіх обертових частин формуючого пристрою;
- центрування муфтових з'єднань з електродвигуном;
- ліквідовані перекоси та зазори у підшипниках на валах;

Ці заходи дозволили знизити вібрацію рухомих частин до рівня, що відповідає вимогам [16].

## 4.2 Боротьба з шумом

Основними джерелами шуму формуючого пристрою, що розробляється є вали, двигуни та інше устаткування, шум яких перевищує 95 дБА.

Шум в приміщенні не повинен перевищувати норми допустимі в ДСН 3.3.6.037–99.

Для запобігання перевищення шуму вище встановленої норми використовують такі заходи:

1. на стінах біля формуючого пристрою встановлюються звуковідбиваючі екрани, які поглинають частину шуму, що зменшує його на 10 – 15 дБА.
2. Звукоізоляція дверей цеху та операторської.

Для зменшення шуму від елементів формуючої частини, що обертаються необхідно:

- слідкувати за рівнем мастила в підшипникових вузлах (знижує рівень шуму  $\Delta L$  на 5 дБА);

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- виконати балансування валів (знижує рівень шуму  $\Delta L$  на 7 дБА);
- монтажні роботи виконувати з великою точністю (знижує рівень шуму  $\Delta L$  на 6 дБА) [23].

Для зниження шуму, що виникає в цеху, передбачено масивний бетонний фундамент, шумопоглинаючі покриття на стінах цеху, застосування звукоізолюючих кожухів і акустичних екранів на формуючому пристрої, що є джерелом сильного шуму.

Засоби індивідуального захисту: протишумові навушники ПШН-Б ГОСТ 12.4.051.87, протишумові вкладиші «Беруши СТ-1» ТУУ25513947.002-99.

Ці заходи дозволяють знизити рівень шуму в робочій зоні до 65 дБА, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.037-99.

#### 4.3 Пожежна безпека

Категорія приміщення В [17], де знаходиться папір з температурою займання  $t^0 = 421^{\circ}\text{C}$ , клас захисту П-Па [17].

Головним матеріалом на ділянці, який може спричинити пожежу є папір, що має низьку температуру займання (приблизно  $250^{\circ}\text{C}$ ).

У відповідності до ОНТП 24-86, приміщення, де розміщена папероробна машина, відноситься до категорії В – пожежонебезпечне, так як містить горючі речовини, клас зони П – Па (ПУЕ). Згідно з СНИП 2.01.02-85, приміщення відноситься до першого ступеня вогнетривкості. Кількість поверхів не обмежується. Площа поверхів у межах пожежних відсіків не обмежується.

В робочому приміщенні є два евакуиходи – двостулкові двері шириною 2 метри, які відкриваються назовні, що відповідає СНиП 2.09.02-85, (рисунок 4.1).

В якості засобів гасіння пожежі використовують вуглекислі вогнегасники ОУ-8 (3 шт.), щити (2 шт.) і ящики з піском (2 шт.), які знаходяться на видних і загальнодоступних місцях.

В якості засобів оповіщення встановлена пожежна сигналізація із термооповіщувачами ПК4Г.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виникненні пожежі використовують порошкові вогнегасники САМ – 9 для пожежогасіння без участі людини.

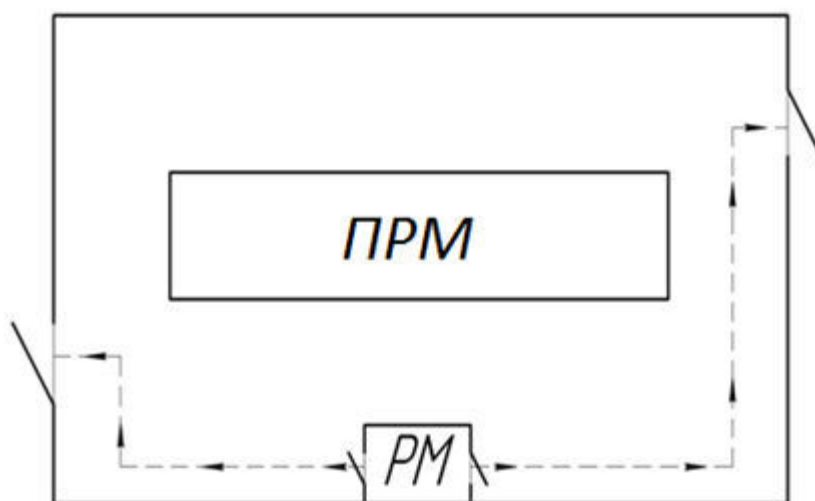


Рисунок 4.1 – План евакуації з робочого приміщення

Для підвищення евакуаційної спроможності обслуговуючого персоналу при пожежі, в спеціально відведених місцях, розміщено схеми еваковиходів.

Протипожежна безпека формуючої частини ПРМ відповідає вимогам [17].

#### 4.4 Електробезпека

У даному випадку, приміщення, в якому розташована ПРМ, відноситься до класу 2 – зони приміщень (з підвищеною небезпекою), де можливе утворення вибухонебезпечні концентрації пилу або волокон паперу з повітрям або іншим окислювачем при нормальних умовах. На пульті управління оператора напруга  $U = 220/380$  В, частота  $f = 50$  Гц. Тип електромережі змінний із глухо заземленою нейтраллю та ізольованою проводкою. Схему занулення зображено на рисунку 5.3.

У даному випадку для оператора формуючої частини папероробної машини були застосовані наступні заходи для запобігання ураження електричним струмом:

- ізоляція струмопровідних частин пульта керування ( $R = 0,5$  Ом);
- електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;
- рубильники вимкнення та включення розташовані в спеціальних шафах;

- при роботі з електричним обладнанням, необхідно застосовувати індивідуальні захисні засоби, як діелектричні рукавиці і калоші, а також гумові килимки та ізольовані підставки;
- в аварійному режимі використовується захисне занулення;
- захисне заземлення ( $R_z = 2,9 \text{ Ом}$ , що відповідає ГОСТ 12.1.030-89);
- встановлення орієнтації в електроустановках (попереджувальні сигнали та знаки; написи та таблички; знаки високої напруги; відповідне розташування і колір неізольованих струмоведучих частин і ізоляції; фарбування органів управління у відмінний від інших колір).

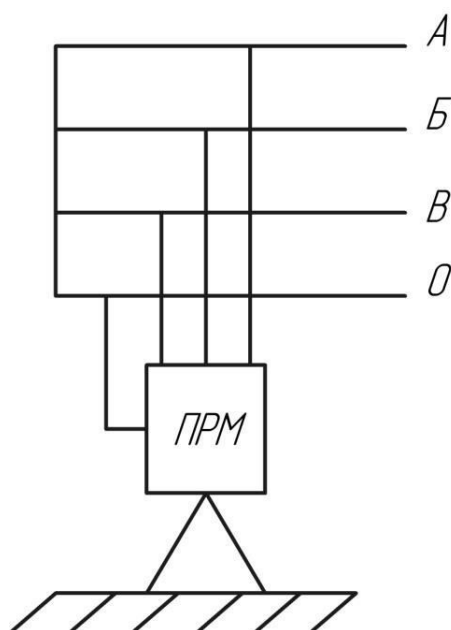


Рисунок 5.3 – Схема занулення

Забороняється:

- проводити роботи на незанулених вузлах лінії;
- проводити ремонт формуючого пристрою без вимкнення електричної мережі;
- залишати формуючий пристрій, що працює без нагляду;
- допускати до роботи людей, які не пройшли навчання, інструктаж та перевірку знань з охорони безпеки [24].



#### 4.5 Повітря робочої зони

Робота оператора даного виробництва відноситься до легкої фізичної роботи категорії Іб. Енерговитрати за таких умов праці складають 121-150 ккал/год. Тому для створення умов здорової і високопродуктивної праці необхідно забезпечити нормальні умови і чистоту повітря на ділянці. Необхідний стан повітря в робочій зоні забезпечують завдяки виконанню необхідних заходів, основними з яких є:

1. Застосування обладнання і процесів, які мінімізують або виключають утворення шкідливих речовин;
2. Повинно бути забезпечено надійну герметизацію підшипникових вузлів, де при роботі нагріваються підшипники і з їх поверхні випаровується шкідливе мастило;
3. Встановлення на проєктованій ділянці пристрою вентиляції або кондиціонування.

Робота оператора формуючої частини відноситься до категорії середньої важкості та класу 2. Величина енерговитрат для цієї категорії робіт складає 172 – 293 Дж/с відповідно. Оптимальна температура в холодний період року – 170С-190С, в теплий період – 200С-240С. Волога повітря в цеху чинить великий вплив на терморегуляцію організму. Тому оптимальні величини відносної вологості складають 40-60% згідно з [24]. Чим швидше рухаються потоки повітря, тим більше розповсюджуються шкідливі речовини по території. Потоки повітря можуть підіймати речовини які осіли та переносити їх. Людиною сприймається мінімальна швидкість повітря у 0,2 м/с. Узимку швидкість повітря не повинне перевищувати 0,2 – 0,5 м/с, а в літню пору року – 0,2 – 1,0 м/с. Метеорологічні умови у робочій зоні відповідають санітарним нормам ДСНЗ.3.6.042-99.

#### 4.6 Освітлення на робочих місцях

Приміщення, в якому розташована пресова частина ПРМ закритого типу, тобто в даному приміщенні штучне освітлення.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для освітлення приміщення приймаємо 18 світильників: лампи ДРЛ 400 (напруга - 220 В, світловий потік – 19000 лм,  $E_{\text{факт}} = 300\text{лк}$ ) і ДРЛ 700 (напруга - 220 В, світловий потік – 35000 лм,  $E_{\text{факт}} = 300\text{лк}$ ).

Таким чином, освітленість робочого місця відповідає вимогам ДБН В 2.5.28 – 2006.

Окрім робочого освітлення робочої зони, також передбачено аварійне. Освітленість повинна складати не менше 5% від величини робочого освітлення і не менше 1 лк на робочій території.

#### **4.7 Огорожі формуючого пристрою ПРМ**

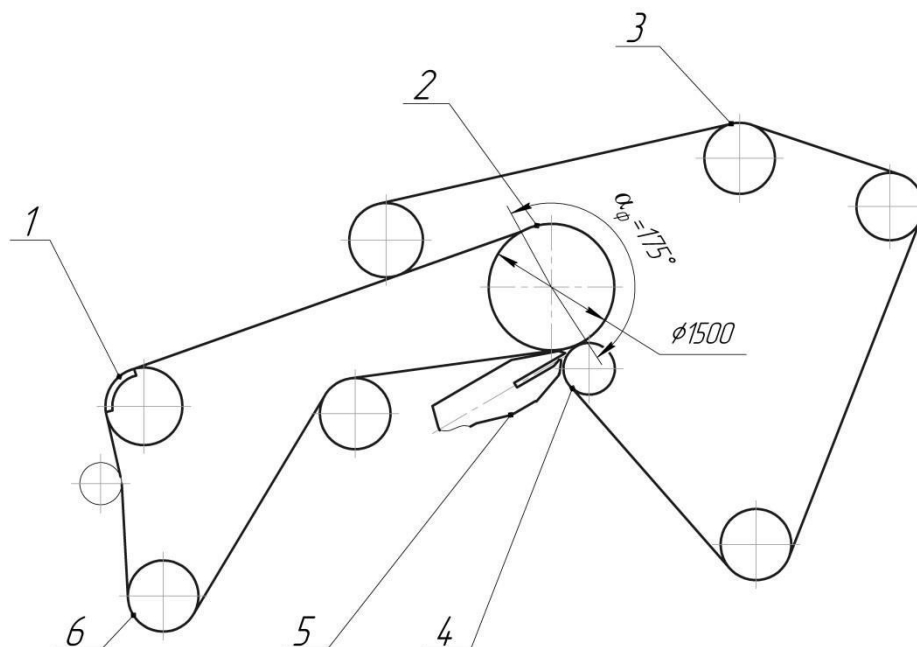
Усі рухомі частини формуючого пристрою мають огорожу або захисні екрани. Всі робочі площадки біля машини мають огорожу з відбійною полоєю. Висота огорожі - 1200...1500 мм, з відбійною полоєю не менше 150 мм.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

### 5.1 Розрахунок основних елементів формуючого пристрою

Схема формуючого пристрою ПРМ представлена на рисунку 5.1.



1 – гауч-вал, 2 – формуючий вал, 3 – сітководучий вал, 4 – грудний вал, 5 – масонапускний пристрій, 6 – сітконатяжний вал

Рисунок 5.1 – Схема двосіткової формуючого пристрою ПРМ

Схема навантаження формуючого вала наведена на рисунку 5.2.

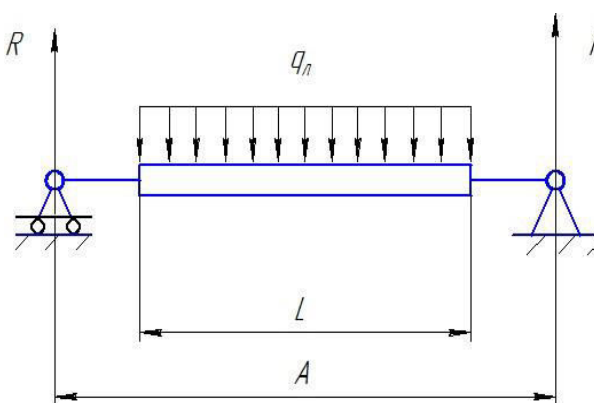


Рисунок 5.2 – Схема циліндра холодильного

Мета: знайти сумарне навантаження на вал, при заданих розмірах.

Вихідні дані:

- Швидкість машини  $v = 20 \text{ м/с}$ , (1200 м/хв)
- Натяг сітки  $S = 4 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$ ;
- Ширина контакту  $B_c = 4.68 \text{ м}$ ;
- Зовнішній діаметр оболонки вала  $D = 1.5 \text{ м}$ ;
- Внутрішній діаметр оболонки вала  $D_2 = 1.47 \text{ м}$ ;
- Матеріал оболонки – СЧ18;
- Відстань між підшипниками  $L = 5.5 \text{ м}$ ;
- Загальна маса нижнього вала  $G = 6000 \text{ кг}$ ;

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [4].

Інтенсивність навантаження на вал від натягу сукна:

$$Q_s = 2S_c \cos\left(90 - \frac{\alpha}{2}\right) = 2 \cdot 18.4 \cdot \cos 45^\circ = 26 \text{ кН}$$

де сила натягу сукна:

$$S_C = S_B b_0 = 4 \cdot 4.6 = 18.4 \text{ кН}$$

де  $S_B = 4 \text{ кН/м}$  – питомий натяг сукна,  $b_0 = 4.6 \text{ м}$  – ширина сукна.

Сумарне навантаження на вал:

$$Q = G_B + Q_s = 58.86 + 26 = 84.86 \text{ кН},$$

де  $G_B$  – сила тяжіння вала, кН.

Висновок: в результаті проведених розрахунків, сумарне навантаження, що діє на вал  $Q = 84.86 \text{ кН}$ .

## 5.2 Розрахунок оболонки вала на жорсткість

Мета: розрахувати відносний прогин вала та порівняти його з допустимим.

Вихідні дані:

- Зовнішній діаметр оболонки вала  $D = 1.5 \text{ м}$ ;
- Внутрішній діаметр оболонки вала  $D_2 = 1.44 \text{ м}$ ;
- Матеріал оболонки – СЧ18;
- Ширина контакту  $B_c = 4.7 \text{ м}$ ;

Розрахунок за методикою, наведеною в [3].

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Момент інерції оболонки вала:

$$I = \frac{\pi \cdot (D_1^4 - D_2^4)}{64} = \frac{3.14 \cdot (1.5^4 - 1.44^4)}{64} = 0.01928 \text{ м}^4$$

Прогин вала:

$$f = \frac{Q \cdot B_c^2}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{84.86 \cdot 4.7^2}{384 \cdot 1.5 \cdot 10^{11} \cdot 0.01928} = 1.673 \cdot 10^{-9} \text{ м},$$

де  $E = 1.5 \cdot 10^{11} \text{ Н}$  – модуль пружності (модуль Юнга) чавуну.

Відносний прогин вала:

$$\xi = \frac{f}{B_c} = \frac{1.673 \cdot 10^{-9}}{4.7} = 3.574 \cdot 10^{-10} \text{ м},$$

Перевіримо умову жорсткості:

$$\zeta \leq [\zeta] = \frac{1}{6000} - \frac{1}{8000}$$
$$3.574 \cdot 10^{-10} \leq [\xi] = \frac{1}{6000} - \frac{1}{8000} = 0.000041$$

де:  $[\xi]$  – допустимий відносний прогин вала.

Висновок: розрахований відносний прогин менший за допустимий прогин, умова жорсткості виконується.

### 5.3 Розрахунок корпусу формуючого вала на міцність

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.3.

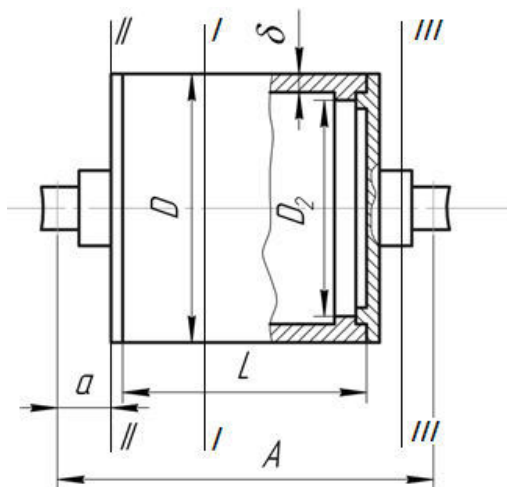


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Мета: визначити напруження і порівняти з допустимими значеннями при даних параметрах вала.

Вихідні дані:

- Довжина робочої частини  $B_c = 4.7$  м;
- Відстань між центрами підшипників  $L = 5.5$  м;
- Зовнішній діаметр  $D = 1.5$  м;
- Матеріал вала – СЧ-18;
- Матеріал цапф – Сталь 40Х;
- Діаметр цапфи  $d = 0.277$  м;
- Допустиме напруження матеріалу вала  $[\sigma]_в = 180$  МПа [3];
- Допустиме напруження матеріалу цапф  $[\sigma]_ц = 800$  МПа [3].

Розрахунок за методикою, наведеною в [3].

Момент опору в перерізі I-I оболонки вала:

$$W_1 = \frac{2 \cdot I}{D} = \frac{2 \cdot 0.012}{1.5} = 0.0257 \text{ м}^3,$$

де  $I$  – момент інерції оболонки вала,  $\text{м}^4$ .

Момент опору в перерізі II-II оболонки вала:

$$W_2 = 0.1 \cdot (D^3 - d^3) = 0.1 \cdot (1.5^3 - 0.277^3) = 0.335 \text{ м}^3.$$

Момент опору в перерізі III-III цапфи вала:

$$W_3 = 0.1 \cdot d^3 = 0.1 \cdot 0.277^3 = 2.125 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Згинаючий момент у перерізі I-I:

$$M_1 = Q \cdot \left( \frac{L}{4} - \frac{B_c}{8} \right) = 84.86 \cdot \left( \frac{5.5}{4} - \frac{4.68}{8} \right) = 67.039 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

Згинаючий момент у перерізі II-II:

$$M_2 = Q \cdot \left( \frac{L - B_c}{4} \right) = 84.86 \cdot \left( \frac{5.5 - 4.68}{4} \right) = 17.396 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

Згинаючий момент у перерізі III-III:

$$M_3 = \frac{Q - C}{2} = \frac{84.86 - 0.3}{2} = 42.28 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Напруження при згинанні у перерізі I-I:

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{67.039 \cdot 10^3}{0.0257} = 2.6 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_1 = 2.6 \text{ МПа} \leq [\sigma]_B = 180 \text{ МПа},$$

Напруження при згинанні у перерізі II-II:

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{17.396 \cdot 10^3}{0.335} = 0.051 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

$$\sigma_2 = 0.051 \text{ МПа} \leq [\sigma]_B = 180 \text{ МПа},$$

Напруження при згинанні у перерізі III-III:

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W_3} = \frac{42.28 \cdot 10^3}{2.125 \cdot 10^{-3}} = 19.89 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

$$\sigma_2 = 19.89 \text{ МПа} \leq [\sigma]_B = 180 \text{ МПа},$$

Висновок: жодне напруження не перевищує допустиме, умови міцності вала та цапф виконується.

#### 5.4 Розрахунок вала на критичне число обертів

Мета: розрахувати робоче і критичне число обертів та порівняти їх.

Вихідні дані:

- Сумарне навантаження на вал  $Q = 84.86 \text{ кН}$ ;
- Швидкість машини  $V = 20 \text{ м/с}$ ;
- Відстань між центрами підшипників  $L = 5.5 \text{ м}$ ;
- Матеріал вала – СЧ-18.

Розрахунок за методикою, наведеною в [3].

Прогин вала під дією навантаження:

$$f_{ст} = \frac{5 \cdot Q \cdot L^3}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 84.86 \cdot 10^3 \cdot 5.5^3}{384 \cdot 1.5 \cdot 10^{11} \cdot 0.019} = 64.5 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

Критична частота обертання:

$$n_{кр} = \frac{300}{\sqrt{f_{ст}}} = \frac{300}{\sqrt{64.5 \cdot 10^{-6}}} = 37354.36 \text{ хв}^{-1}$$

Робоче число обертів:

$$n_p = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{20 \cdot 60}{\pi \cdot 1.5} = 254.647 \text{ хв}^{-1}.$$

Коефіцієнт резонансу:

$$K_0 = \frac{n_p}{n_{кр}} = \frac{254.647}{37354} = 0.0068.$$

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова відсутності явища резонансу:

$$K_0 \leq [K_0]$$

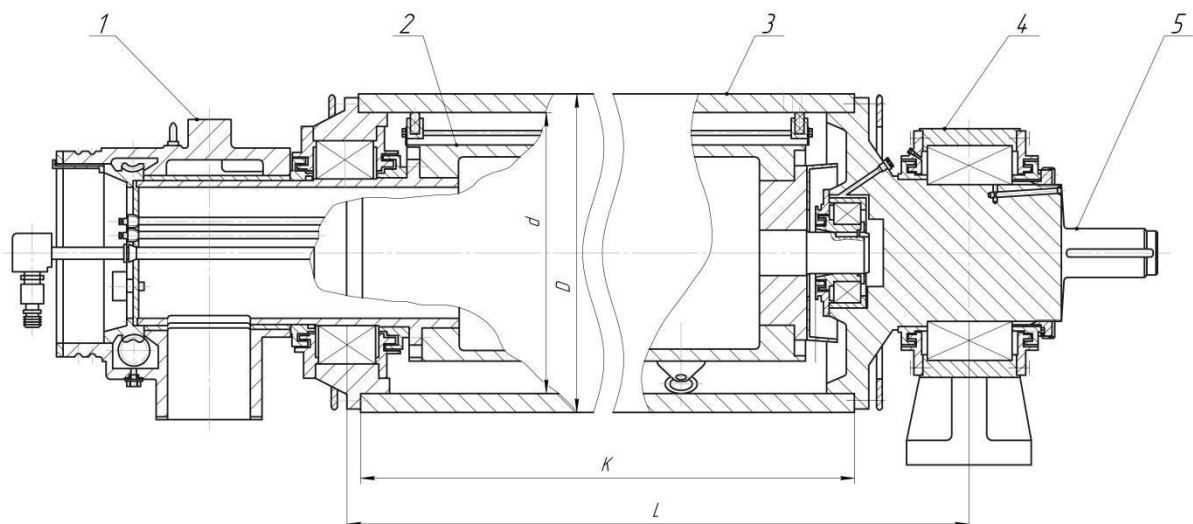
$$0.0068 \leq 0.02.$$

Висновок: робоче число обертів значно менше за критичне, що свідчить про відсутність явища резонансу.

### 5.5 Розрахунок гауч-валу на міцність та жорсткість

Розрахункова схема гауч-валу показана на рисунку 5.4.

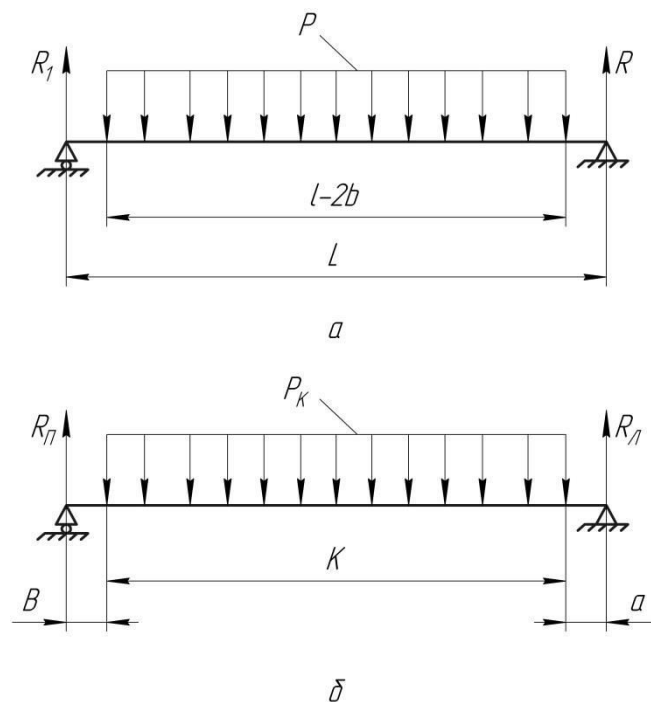
Схеми розподілення навантаження для гауч-валу та його оболонки показані на рисунку 5.5.



1 – корпус гауч-валу, 2 – вакуум-камера, 3 – оболонка, 4 – корпус підшипникового вузла, 5 – цапфа приводна

Рисунок 5.4 – Схема гауч-валу





а – для гауч-валу, б – для оболонки гауч-валу

Рисунок 5.5 – Схема навантаження

Мета розрахунку – підбір матеріалу та конструкції гауч-валу, що задовольняють умови міцності.

Вихідні дані до розрахунку:

Діаметр оболонки вала зовнішній $D$ , м	0,920
Діаметр оболонки вала внутрішній $d$ , м	0,806
Довжина зони відсмоктування $l$ , м	5
Ширина зони відсмоктування $b_1$ , м	0,42
Ширина сітки $b$ , м	4,8
Довжина між опорами валу $L$ , м	6,1
Довжина оболонки валу $l_2$ , м	5
Натяг сітки $q$ , кН/м	5
Маса оболонки гауч-вала $m_1$ , кг	8590
Вакуум $P_v$ , МПа	0,075
Маса відсмоктувальної камери $m_2$ , кг	3000
Маса цапфи з лицьового боку гауч-вала $m_3$ , кг	1000
Маса цапфи з приводного боку гауч-вала $m_4$ , кг	1000

Крутний момент на приводній цапфі  $M_{кр}$ , Нм

6600

Розрахунок виконуємо за методикою, наведеною у [19], [20].

На оболонку гауч-вала діють навантаження від сили тяжіння вала, вакууму, натягу сітки.

Навантаження від вакууму:

$$P_1 = P_b b_1 l = 0,075 \cdot 0,42 \cdot 5 = 157,5 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

Кут обхвату вала сіткою складає  $\alpha = 40^\circ$ . В цьому випадку навантаження від натягу сітки:

$$P_2 = 2qb \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 4,8 \cdot \sin \frac{40^\circ}{2} = 16,42 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

Сумарне навантаження на вал від усіх зусиль:

$$P = m_1 g + P_1 + P_2 = 8590 \cdot 9,8 + 157500 + 16420 = 258180 \text{ Н.}$$

Опора корпусу вала з лицьового боку сприймає навантаження від маси корпусу вала, притискання оболонки вала і камери (за наявності вакууму в камері), а також натягу сітки.

Реакція опори корпусу вала з лицьового боку:

$$R_1 = \frac{P}{2} + m_3 g = \frac{258180}{2} + 1000 \cdot 9,81 = 138902 \text{ Н.}$$

Опора корпусу вала з лицьового боку сприймає навантаження від маси корпусу вала, вала камери, натягу верхньої сітки.

Реакція опори корпусу вала з приводного боку:

$$R_2 = \frac{P - P_1 + m_2 g}{2} + m_4 g = \frac{258180 - 157500 + 3000 \cdot 9,81}{2} + 1000 \cdot 9,81 = 74867 \text{ Н.}$$

На відсмоктувальну камеру діє навантаження  $P_k$  від маси камери, напрямлене до низу і зусилля від вакууму в камері, яке має протилежний напрям.

Сумарне зусилля:

$$P_k = P_1 - m_2 g = 157500 - 3000 \cdot 9,81 = 128070 \text{ Н.}$$

Реакція опори відсмоктувальної камери з лицьового боку:

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{л}} = P_{\text{к}} \frac{0,5l_4 + l_3}{l_2} = 128070 \frac{0,5 \cdot 3,05 + 0,1}{5} = 41623 \text{ Н},$$

де  $l_3 = 0,1$  – відстань від опори камери з лицьового боку до останнього ряду отворів оболонки, м,

$l_4 = 3,05$  – відстань від центру тяжіння підшипникового вузла до середини відсмоктувальної камери валу, м.

Реакція опори камери з приводного боку:

$$R_{\text{п}} = P_{\text{к}} \frac{0,5l_4 + l_5}{l_2} = 128070 \frac{0,5 \cdot 3,05 + 0,85}{5} = 60833 \text{ Н},$$

де  $l_5 = 0,85$  – відстань від центру тяжіння підшипникового вузла приводної цапфи до початку відсмоктувальної камери валу, м.

Максимальний згинаючий момент в середньому перерізі вала:

$$M = P \left( \frac{L}{4} - \frac{l_2}{8} \right) = 258180 \left( \frac{6,1}{4} - \frac{5}{8} \right) = 232366 \text{ Нм}.$$

Момент інерції перерізу оболонки валу без урахування перфорації:

$$I = 0,05(D^4 - d^4) = 0,05(0,92^4 - 0,806^4) = 147 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4.$$

Момент опору перерізу оболонки валу:

$$W = \frac{2I}{D} = \frac{2 \cdot 147 \cdot 10^{-4}}{0,92} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Ділянка дуги  $t_s$ , що знаходиться між крайніми отворами на діаметрі  $D = 920$  мм в умовному опорному багатокутнику:

$$t_s = \frac{\pi D}{n},$$

де  $n$  – кількість отворів, які потрапляють в поперечний переріз оболонки на даному діаметрі ( $n \approx 60$ ). Тоді:

$$t_s = \frac{\pi D}{n} = \frac{\pi \cdot 920}{60} = 49 \text{ мм}.$$

Небезпечний переріз представляє собою ламану лінію, що проходить через отвори. Кількість однакових відрізків, які складають ламану лінію  $i = 5$ . Крок між отворами  $S = 15,9$  мм, діаметр отворів  $d = 8$  мм.

Довжина ламаної лінії:

$$t_s' = i(S - d) = 5(15,9 - 8) = 39,5 \text{ мм}.$$

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для врахування ослаблення оболонки перфорацією слід застосувати приведений коефіцієнт послаблення поперечного перерізу оболонки перфорацією  $\eta$ .

Приведений коефіцієнт послаблення поперечного перерізу оболонки перфорацією:

$$\eta = \frac{t'_s}{t_s} = \frac{39,5}{49} = 0,82.$$

Напруження згинання в оболонці валу:

$$\sigma_{зг} = \frac{M}{W\eta} = \frac{232366}{32 \cdot 10^{-3} \cdot 0,82} = 8,9 \text{ МПа.}$$

Умова міцності:

$$[\sigma] = 20 \text{ МПа}$$

де  $[\sigma]$  – допустиме напруження матеріалу оболонки гауч-валу, МПа.

Маємо:

$$8,9 \text{ МПа} < 20 \text{ МПа}$$

Висновок: умова міцності виконується.

## 5.6 Розрахунок оболонки гауч-вала на жорсткість

Розрахункова схема показана на рисунку 5.6.

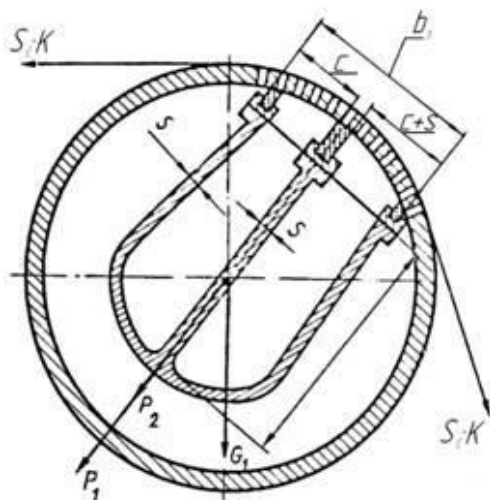


Рисунок 5.6 – Поперечний переріз гауч-вала

Мета розрахунку – перевірка оболонки гауч-вала на жорсткість та визначення відносного прогину.

Вихідні дані:

Розмір опорного багатокутника за напрямком твірної вала $t_a$ , мм	120
Діаметр отворів перфорації $d$ , мм	8
Момент інерції перерізу оболонки валу без урахування перфорації $I$ , м <sup>4</sup>	$147 \cdot 10^{-4}$
Сумарне навантаження на вал від усіх зусиль $P$ , Н	258180
Довжина між опорами валу $L$ , м	6,1
Довжина оболонки валу $l_2$ , м	5
Ширина сітки $b$ , м	4,8
Матеріал оболонки гауч-вала – бронза БрОЦ10-8	
Границя міцності матеріалу оболонки $\sigma_b$ , МПа	250
Модуль пружності $E_{бр}$ , МПа	$1,15 \cdot 10^5$

Розрахунок виконуємо за методикою, наведеною у [2], [19].

Прогин оболонки перфорованого гауч-валу знаходиться з урахуванням коефіцієнта живого перерізу перфорації. На поверхні оболонки обирається умовно опорний багатокутник. Площа опорного багатокутника  $\Omega$  м<sup>2</sup>, на зовнішньому діаметрі:

$$\Omega = t_a t_s = 0,12 \cdot 0,049 = 0,005781 \text{ м}^2,$$

де  $t_s$  – ділянка дуги, що знаходиться між крайніми отворами на зовнішньому діаметрі гауч-валу в умовному опорному багатокутнику, м.

Площа перерізу одного отвору:

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,008^2}{4} = 0,00005 \text{ м}^2.$$

Кількість отворів в опорному багатокутнику складає  $n = 38$ .

Коефіцієнт живого перерізу:

$$K = \frac{n\omega}{\Omega} = \frac{38 \cdot 0,00005}{0,005781} = 0,33.$$

Середній момент інерції перфорованої оболонки:

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{сер}} = I|(1 - K)| = 147 \cdot 10^{-4} |(1 - 0,33)| = 98,55 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4.$$

Прогин робочої частини вала посередині:

$$f = \frac{Pl_2^2(12L - 7b)}{384E_{\text{бр}}I_{\text{сер}}} = \frac{258180 \cdot 5^2(12 \cdot 6,1 - 7 \cdot 4,8)}{384 \cdot 1,15 \cdot 10^{11} \cdot 98,55 \cdot 10^{-4}} = 0,59 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Відносний прогин:

$$\varepsilon = \frac{f}{l_2} = \frac{0,59 \cdot 10^{-3}}{5} = 0,118 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Умова жорсткості:

$$\varepsilon \leq [\varepsilon]$$

$$[\varepsilon] = 0,04 \cdot 10^{-3} \dots 0,153 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

де  $[\varepsilon]$  – допустимий відносний прогин валу.

Маємо:

$$0,118 \cdot 10^{-3} < 0,153 \cdot 10^{-3}.$$

Висновок: прогин знаходиться у межах допустимого.

## 5.7 Розрахунок відсмоктувальної камери гауч-валу на міцність

Розрахункова схема відсмоктувальної камери гауч-валу показана на рисунку 5.6.

Розрахунок виконуємо за методикою, наведеною у [2], [19].

Мета розрахунку – перевірка відсмоктувальної камери гауч-валу на міцність.

Вихідні дані:

Довжина стінки відсмоктувальної камери $l_{\text{ст}}$ , м	0,6
Довжина відсмоктувальної камери гауч-валу $l_{\text{к}}$ , м	5
Довжина між опорами валу $L_1$ , м	6,1
Довжина робочої частини валу $L_4$ , м	5
Вакуум $P_{\text{в}}$ , МПа	0,075
Сумарне зусилля, що діє на відсмоктувальну камеру $P_{\text{к}}$ , Н	128070
Матеріал середньої стінки камери – Сталь3	

За наявності вакууму тільки в одній половині камери середня стінка піддається навантаженню із-за різниці тисків. Товщину середньої стінки знаходять виходячи із формули для розрахунку напружень в прямокутній пластині, закріпленій по контуру:

$$s = 0,068 l_3 \sqrt{\frac{P_{\text{в}}}{[\sigma_{\text{ст}}] \left[ 1 + \left( \frac{l_{\text{ст}}}{l_{\text{к}}} \right)^2 \right]}} = 0,068 \cdot 0,1 \sqrt{\frac{0,075}{100 \left[ 1 + \left( \frac{0,6}{5} \right)^2 \right]}} = 0,0185 \text{ м.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо товщину стінки  $s = 0,02$  м.

Для розрахунку камери на поперечний прогин слід знайти згинаючий момент по середині відсмоктувальної камери:

$$M_{\text{вк}} = P_{\text{к}} \left( \frac{L_1}{4} - \frac{L_4}{8} \right) = 128070 \left( \frac{6,1}{4} - \frac{5}{8} \right) = 115 \cdot 10^3 \text{ Нм.}$$

Поперечний переріз для спрощення розглядається як три вертикальні листи.

Момент інерції відсмоктувальної камери:

$$I_{\text{вк}} = \frac{4sl_{\text{ст}}^3}{12} = \frac{4 \cdot 0,02 \cdot 0,6^3}{12} = 14,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4.$$

Момент опору відсмоктувальної камери:

$$W_{\text{вк}} = \frac{2I_{\text{вк}}}{l_{\text{ст}}} = \frac{2 \cdot 14,4 \cdot 10^{-4}}{0,6} = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Напруження згинання:

$$\sigma_{\text{вк}} = \frac{M_{\text{вк}}}{W_{\text{вк}}} = \frac{115 \cdot 10^3}{4,8 \cdot 10^{-3}} = 23,9 \text{ МПа.}$$

Умова міцності:

$$[\sigma] = 55 \text{ МПа}$$

де  $[\sigma]$  – допустиме напруження матеріалу відсмоктувальної камери гауч-валу, МПа.

Маємо:

$$23,9 \text{ МПа} < 55 \text{ МПа.}$$

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок: умова міцності для відсмоктувальної камери гауч-валу виконується

### 5.8 Вибір і розрахунок підшипників для формуючого вала

Схема навантаження підшипників наведена на рисунку 5.7.

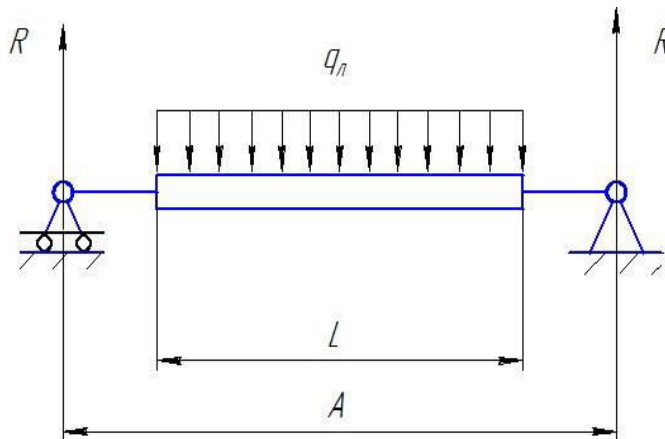


Рисунок 5.7 – Розрахункова схема

Мета: перевірити ресурс сферичних дворядних підшипників за динамічною вантажопідйомністю.

Вихідні дані:

- Навантаження від натягу сукна  $S = 18.4$  кН;
- Навантаження від дії лінійного тиску  $q_0 = 120$  кН.
- Коефіцієнт радіального навантаження  $X = 1$ ;
- Коефіцієнт осьового навантаження  $Y = 0$ ;
- Коефіцієнт обертання  $K_k = 1$ ;
- Коефіцієнт температурний  $K_T = 1$ ;
- Коефіцієнт безпеки  $K_b = 1$ .

Розрахунок за методикою, наведеною в [4].

Навантаження, що діє на підшипники:

$$Q = 2 \cdot S \cdot \cos 45^\circ + G_b + q_0 \cdot B_c = 2 \cdot 18.4 \cdot \cos 45^\circ + 58.86 = 84.86 \text{ кН.}$$

Приведене навантаження на один підшипник:

$$Q_{\text{пр}} = \frac{Q}{2} \cdot (X K_k + 0.1 \cdot Y) \cdot K_T \cdot K_\sigma = \frac{84.86}{2} \cdot (1 \cdot 1 + 0.1 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 1 = 46.67 \text{ кН.}$$

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



З каталогу підшипників фірми SKF вибираємо двохрядний циліндричний роликовий підшипник легкої серії № NNU 4156 K30M/W33, в якого  $D=460$  мм,  $d=280$  мм,  $B=180$  мм,  $m=110$  кг, базове динамічне навантаження  $C=550000$  Н, лімітуюча швидкість обертання  $n_{кр}=1600$  об/хв

Довговічність підшипника:

$$L^0 = \left(\frac{C}{Q_{пр}}\right)^{\frac{10}{3}} = \left(\frac{700000}{46670}\right)^{\frac{10}{3}} = 8321 \text{ млн. обертів};$$

Довговічність:

$$L_n = \frac{L^0 \cdot 10^6}{60 \cdot n_p} = \frac{8321 \cdot 10^6}{60 \cdot 254} = 545997 \text{ год.}$$

Умова довговічності:

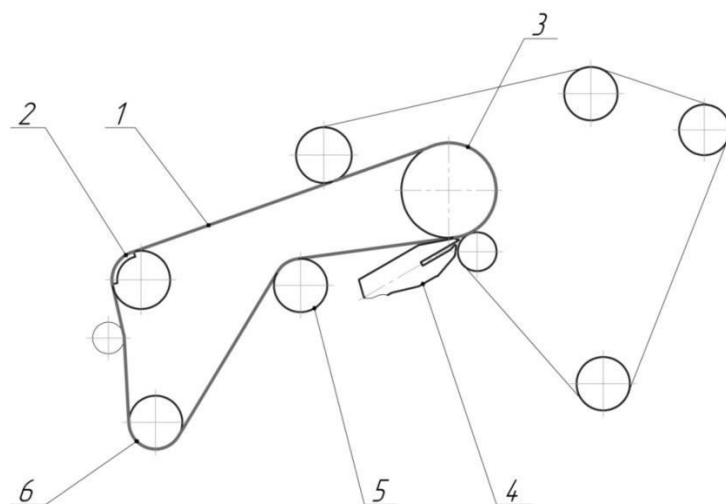
$$L_n \geq [L_n]$$

$$545997 \text{ год} > 500000 \text{ год}$$

Висновок: при даних параметрах обрано два однакових роликових підшипників легкої серії № NNU 4156 K30M/W33 за каталогом SKF Explorer.

### 5.9 Розрахунок потужності привода нижньої сітки

Схема компоновки валів нижньої сітки двосіткового формуючого пристрою ПРМ показана на рисунку 5.8.



1 – нижня сітка, 2 – гауч-вал, 3 – формуючий вал, 4 – масонапускний пристрій,  
5 – сітководучий вал, 6 – сітконатяжний вал

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Рисунок 5.8 – Компоновка валів нижньої сітки двосіткового формуючого пристрою ПРМ

Мета розрахунку – визначення необхідної потужності приводу гауч-валу та формуючого валу для приведення в рух нижньої сітки.

Вихідні дані:

Робоча швидкість машини $V$ , м/с (м/хв)	20 (1200)
Обрізна ширина паперового полотна $B$ , м	4,25
Сумарне навантаження на вал від усіх зусиль гауч-валу $P$ , Н	258180
Сумарне навантаження на формуючий вал $Q_{\phi}$ , Н	89020,5

Розрахунок потужності приводу гауч-валу та формуючого валу для приведення в рух нижньої сітки виконується методом тягових зусиль, за методикою наведеною в [19].

Загальне тягове зусилля для приведення сітки в рух, кН:

$$T = T_{\text{в.н.с}} + T_{\text{ш}} + T_{\text{ущ}},$$

де  $T_{\text{в.н.с}}$  – тягове зусилля на подолання тертя в підшипникових опорах валів нижньої сітки, кН;

$T_{\text{ш}}$  – тягове зусилля на подолання тертя шаберів об вали нижньої сітки, кН,

$T_{\text{ущ}}$  – тягове зусилля на подолання тертя ущільнень в гауч-валові, кН.

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипникових опорах гауч-валу:

$$T_{\Gamma} = Pf \frac{d_{\text{ц}}}{D} = 258180 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,24}{0,92} = 1347 \text{ Н},$$

де  $P$  – навантаження на гауч-вал, Н;

$f$  – приведений коефіцієнт тертя в підшипнику, віднесений до діаметра цапфи (для роликів підшипників 0,02);

$d_{\text{ц}}$  – діаметр цапфи гауч-валу, м;

$D$  – діаметр гауч-валу, м.

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипникових опорах формуючого валу:

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\phi} = Q_{\phi} f \frac{d_{ц\phi}}{D_{\phi}} = 89020,5 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,2}{1,5} = 240 \text{ кН},$$

де  $Q_{\phi}$  – навантаження на формуючий вал, кН,

$f$  – приведений коефіцієнт тертя в підшипнику, віднесений до діаметра цапфи (для роликів підшипників 0,02);

$d_{ц\phi}$  – діаметр цапфи формуючого валу, м;

$D_{\phi}$  – діаметр формуючого валу, м.

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипникових опорах сітконатяжного валу:

$$T_{сн} = Q_{сн} f \frac{d_{ц,сн}}{D_{сн}} z_{сн} = 91540 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,16}{0,844} \cdot 1 = 350 \text{ Н},$$

де  $Q_{сн}$  – навантаження на сітконатяжний вал, Н,

$f$  – приведений коефіцієнт тертя в підшипнику, віднесений до діаметра цапфи (для роликів підшипників 0,02);

$d_{ц,сн}$  – діаметр цапфи сітконатяжного валу, м;

$D_{сн}$  – діаметр сітконатяжного валу, м.

$z_{сн}$  – кількість сітконатяжних валів.

Сумарне навантаження на сітконатяжний вал:

$$Q_{сн} = G_{сн} + Q_{с,сн} + q \cdot K_{сн} = 56540 + 10000 + 5000 \cdot 5 = 91540 \text{ Н},$$

де  $G_{сн}$  – сила тяжіння сітконатяжного валу з підшипниками, Н;

$Q_{с,сн}$  – максимально можлива інтенсивність навантаження на сітконатяжний вал від натягу сітки, Н;

$q_{сн}$  – натяг сітки, Н/м;

$K_{сн}$  – довжина оболонки сітконатяжного валу, м.

Сила тяжіння цапф сітконатяжного валу:

$$G_{ц,сн} = \frac{\pi \cdot d_{ц,сн}^2}{4} \cdot L_{ц,сн} \cdot \rho_{ц,сн} \cdot g = \frac{3,14 \cdot 0,16^2}{4} \cdot 1 \cdot 7860 \cdot 9,81 = 1550 \text{ Н},$$

де  $L_{ц,сн}$  – довжина цапфи сітконатяжного валу, м;

$\rho_{ц,сн}$  – густина матеріалу цапф сітконатяжного валу,  $\text{кг/м}^3$ . Матеріал цапф сітконатяжного валу – Сталь 40Х.

Сила тяжіння оболонки сітконатяжного валу:

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{об.сн} = \frac{\pi \cdot (D_{сн}^2 - d_{сн}^2)}{4} \cdot K_{сн} \cdot \rho_{об.сн} \cdot g = \frac{3,14 \cdot (0,844^2 - 0,794^2)}{4} \times \\ \times 5 \cdot 7000 \cdot 9,81 = 22085 \text{ Н},$$

де  $D_{сн}$  – зовнішній діаметр сітконатяжного валу, м;

$d_{сн}$  – діаметр оболонки сітконатяжного валу, м;

$\rho_{об.сн}$  – густина матеріалу оболонки сітконатяжного валу,  $\text{кг/м}^3$ . Матеріал оболонки сітконатяжного валу – Ст30.

Сила тяжіння сітконатяжного валу з підшипниками:

$$G_{сн} = 2 \cdot G_{ц.сн} + G_{об.сн} + 2 \cdot G_{п.сн} = 2 \cdot 1550 + 22085 + 2 \cdot 18 \cdot 9,81 = 56540 \text{ Н}.$$

де  $G_{сн}$  – сила тяжіння підшипників сітконатяжного валу, Н.

Максимально можлива інтенсивність навантаження на сітконатяжний вал від натягу сітки:

$$Q_{с.сн} = 2q_{сн} = 2 \cdot 5000 = 10000 \text{ Н},$$

де  $q_{сн}$  – натяг верхньої сітки,  $\text{кН/м}$ .

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках сітководучого валу:

$$T_{св} = Q_{св} f \frac{d_{ц.св}}{D_{св}} z_{св} = 91540 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,16}{0,844} \cdot 1 = 350 \text{ Н},$$

де  $Q_{св}$  – навантаження на сітководучий вал, Н;

$f$  – приведений коефіцієнт тертя в підшипнику, віднесений до діаметра цапфи (для роликів підшипників 0,02);

$d_{ц.св}$  – діаметр цапфи сітководучого валу, м;

$D_{св}$  – діаметр сітководучого валу, м;

$z_{св}$  – кількість сітководучих валів.

Сумарне навантаження на сітководучий вал:

$$Q_{св} = G_{св} + Q_{с.св} + q \cdot K_{св} = 56540 + 10000 + 5000 \cdot 5 = 91540 \text{ Н},$$

де  $G_{св}$  – сила тяжіння сітководучого валу з підшипниками, Н;

$Q_{с.св}$  – максимально можлива інтенсивність навантаження на сітководучий вал від натягу сітки, Н;

$q_{св}$  – натяг сітки,  $\text{Н/м}$ ;

$K_{св}$  – довжина оболонки сітководучого валу, м.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сила тяжіння цапф сітководучого валу:

$$G_{ц.св} = \frac{\pi \cdot d_{ц.св}^2}{4} \cdot L_{ц.св} \cdot \rho_{ц.св} \cdot g = \frac{3,14 \cdot 0,16^2}{4} \cdot 1 \cdot 7860 \cdot 9,81 = 1550 \text{ Н},$$

де  $L_{ц.св}$  – довжина цапфи сітководучого валу, м;

$\rho_{ц.св}$  – густина матеріалу цапф сітководучого валу,  $\text{кг/м}^3$ . Матеріал цапф сітководучого валу – Сталь 40Х.

Сила тяжіння оболонки сітководучого валу:

$$G_{об.св} = \frac{\pi \cdot (D_{св}^2 - d_{св}^2)}{4} \cdot K_{св} \cdot \rho_{об.св} \cdot g = \frac{3,14 \cdot (0,844^2 - 0,794^2)}{4} \times \\ \times 5 \cdot 7000 \cdot 9,81 = 22085 \text{ Н},$$

де  $D_{св}$  – зовнішній діаметр сітководучого валу, м;

$d_{св}$  – діаметр оболонки сітководучого валу, м;

$\rho_{об.св}$  – густина матеріалу оболонки сітководучого валу,  $\text{кг/м}^3$ . Матеріал оболонки сітководучого валу – Ст30.

Сила тяжіння сітководучого валу з підшипниками:

$$G_{св} = 2 \cdot G_{ц.св} + G_{об.св} + 2 \cdot G_{п.св} = 2 \cdot 1550 + 22085 + 2 \cdot 18 \cdot 9,81 = 56540 \text{ Н}.$$

де  $G_{св}$  – сила тяжіння підшипників сітководучого валу, Н.

Максимально можлива інтенсивність навантаження на сітководучий вал від натягу сітки:

$$Q_{с.св} = 2q_{св} = 2 \cdot 5000 = 10000 \text{ Н},$$

де  $q_{св}$  – натяг верхньої сітки,  $\text{кН/м}$ .

Таким чином, загальне навантаження на подолання тертя в підшипниках валів нижньої сітки  $T_{в.н.с}$  складає:

$$T_{в.н.с} = T_{г} + T_{ф} + T_{сн} + T_{св} = 240 + 240 + 350 + 350 = 1880 \text{ Н}.$$

Тягове зусилля на подолання тертя шаберів об поверхні валів нижньої сітки формуючої частини  $T_{ш}$ :

$$T_{в.ш} = T_{г.ш} + T_{ф.ш} + T_{сн.ш} + T_{св.ш},$$

де  $T_{г.ш}$  – тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню гауч-валу, Н;

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{ф.ш}$  – тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню формуючого валу, Н;

$T_{сн.ш}$  – тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню сітконатяжного валу, Н;

$T_{св.ш}$  – тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню сітководучого валу, Н.

Тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню гауч-валу:

$$T_{г.ш} = f_{г.ш} q_{г.ш} b_{г.ш} = 0,2 \cdot 250 \cdot 5 = 250 \text{ Н},$$

де  $f_{г.ш}$  – коефіцієнт тертя шабера об поверхню гауч-валу [2];

$q_{г.ш}$  – тиск шабера на гауч-вал, Н/м [2];

$b_{г.ш}$  – довжина лінії контакту шабера з гауч- валом, м.

Тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню формуючого валу:

$$T_{ф.ш} = f_{ф.ш} q_{ф.ш} b_{ф.ш} = 0,2 \cdot 250 \cdot 5 = 250 \text{ Н},$$

де  $f_{ф.ш}$  – коефіцієнт тертя шабера об поверхню формуючого валу [2];

$q_{ф.ш}$  – тиск шабера на формуючий вал, Н/м [2];

$b_{ф.ш}$  – довжина лінії контакту шабера з формуючим валом, м.

Тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню сітконатяжного валу:

$$T_{сн.ш} = f_{сн.ш} q_{сн.ш} b_{сн.ш} = 0,25 \cdot 250 \cdot 5 = 312,5 \text{ Н},$$

де  $f_{сн.ш}$  – коефіцієнт тертя шабера об поверхню сітконатяжного валу [2];

$q_{сн.ш}$  – тиск шабера на сітконатяжний вал, Н/м [2];

$b_{сн.ш}$  – довжина лінії контакту шабера з сітконатяжним валом, м.

Тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню сітководучий вал:

$$T_{св.ш} = f_{св.ш} q_{св.ш} b_{св.ш} \cdot z_{св} = 0,25 \cdot 250 \cdot 5 = 312,5 \text{ Н},$$

де  $f_{св.ш}$  – коефіцієнт тертя шабера об поверхню сітководучого валу [2];

$q_{св.ш}$  – тиск шабера на сітководучий вал, Н/м [2];

$b_{св.ш}$  – довжина лінії контакту шабера з сітководучим валом, м.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, сумарне тягове зусилля на подолання тертя шаберів об поверхні валів нижньої сітки формуючої частини  $T_{в.ш}$ :

$$T_{в.ш} = T_{г.ш} + T_{ф.ш} + T_{сн.ш} + T_{св.ш} = 250 + 250 + 312,5 + 312,5 = 1125 \text{ Н.}$$

Тягове зусилля на подолання тертя ущільнення відсмоктувальної камери гауч-валу об внутрішню поверхню вала:

$$T_{ущ} = P_{в} n_k F_{роб} \frac{d}{D} = 75 \cdot 2 \cdot 11,45 \cdot \frac{0,806}{0,92} = 1505 \text{ Н,}$$

де  $P_{в}$  – вакуум в камерах гауч-валу, Па;

$n_k$  – кількість вакуум-камер;

$F_{роб}$  – площа робочої поверхні гауч-валу,  $\text{м}^2$ ;

$d$  – внутрішній діаметр гауч-валу, м;

$D$  – зовнішній діаметр гауч-валу, м.

Сумарне тягове зусилля, необхідне для приведення нижньої сітки формуючого пристрою в рух складає:

$$T_{н.с} = T_{в.н.с} + T_{в.ш} + T_{ущ} = 1880 + 1125 + 1505 = 4510 \text{ Н.}$$

Збільшення тягового зусилля при можливому підвищенні швидкості з урахуванням коефіцієнта  $K_v$ :

$$K_v = 1 + 0,0004(V - 200) = 1 + 0,0004(900 - 200) = 1,28.$$

Можливе збільшення величини тягового зусилля порівняно з середнім, враховується коефіцієнтом  $K_m$ , який для формуючого пристрою знаходиться в межах 1,25 – 1,3 [2].

Кінцеве значення потужності для приведення нижньої сітки формуючого пристрою в рух:

$$N_{в.с} = TVK_v K_m = 4510 \cdot 20 \cdot 1,28 \cdot 1,3 = 113 \text{ кВт.}$$

Отримана потужність ділиться між формуючим валом та гауч-валом у співвідношенні 60% до 40%.

Таким чином, потужність електродвигуна формуючого вала з урахуванням коефіцієнта корисної дії редуктора складає:

$$N_{роб.ф} = \frac{N_{в.с} \cdot 0,6}{\eta_{ред}} = \frac{113 \cdot 0,6}{0,93} = 73 \text{ кВт.}$$

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність електродвигуна формуючого валу приймається найближчою до стандартної –  $N_{\text{роб.ф}} = 75$  кВт.

Потужність електродвигуна гауч-валу з урахуванням коефіцієнта корисної дії редуктора складає:

$$N_{\text{роб.ф}} = \frac{N_{\text{в.с}} \cdot 0,4}{\eta_{\text{ред}}} = \frac{113 \cdot 0,4}{0,93} = 48,6 \text{ кВт.}$$

Потужність електродвигуна формуючого валу приймається найближчою до стандартної –  $N_{\text{роб.ф}} = 55$  кВт.

За результатами розрахунків та згідно з [21] для формуючого валу обрано електродвигун АИМ 250S2 (АИММ 250S2), а для гауч-валу – електродвигун АИММ225M2 (АИММ 225M2), що мають короткозамкнений ротор та призначені для роботи від мережі трьохфазного змінного струму, частотою 50 Гц для приводу стаціонарних машин у вибухонебезпечних виробництвах хімічної, газової та нафтопереробної промисловостей.

Електродвигун АИМ 250S2 (АИММ 250S2) має наступні технічні характеристики:

- потужність – 75 кВт;
- частота обертання – 3000 об/хв;
- ККД – не менше, ніж 92,3%;
- коефіцієнт потужності – 0,94;
- маса електродвигуна – 550 кг.

Електродвигун АИММ225M2 (АИММ 225M2) має наступні технічні характеристики:

- потужність – 55 кВт;
- частота обертання – 3000 об/хв;
- ККД – не менше, ніж 92,1%;
- коефіцієнт потужності – 0,93;
- маса електродвигуна – 418 кг.

Електродвигуни оснащені двома схемами підключення (трикутник/зірка) в залежності від напруги мережі, що подає струм – 220/380 В або 380/660 В.

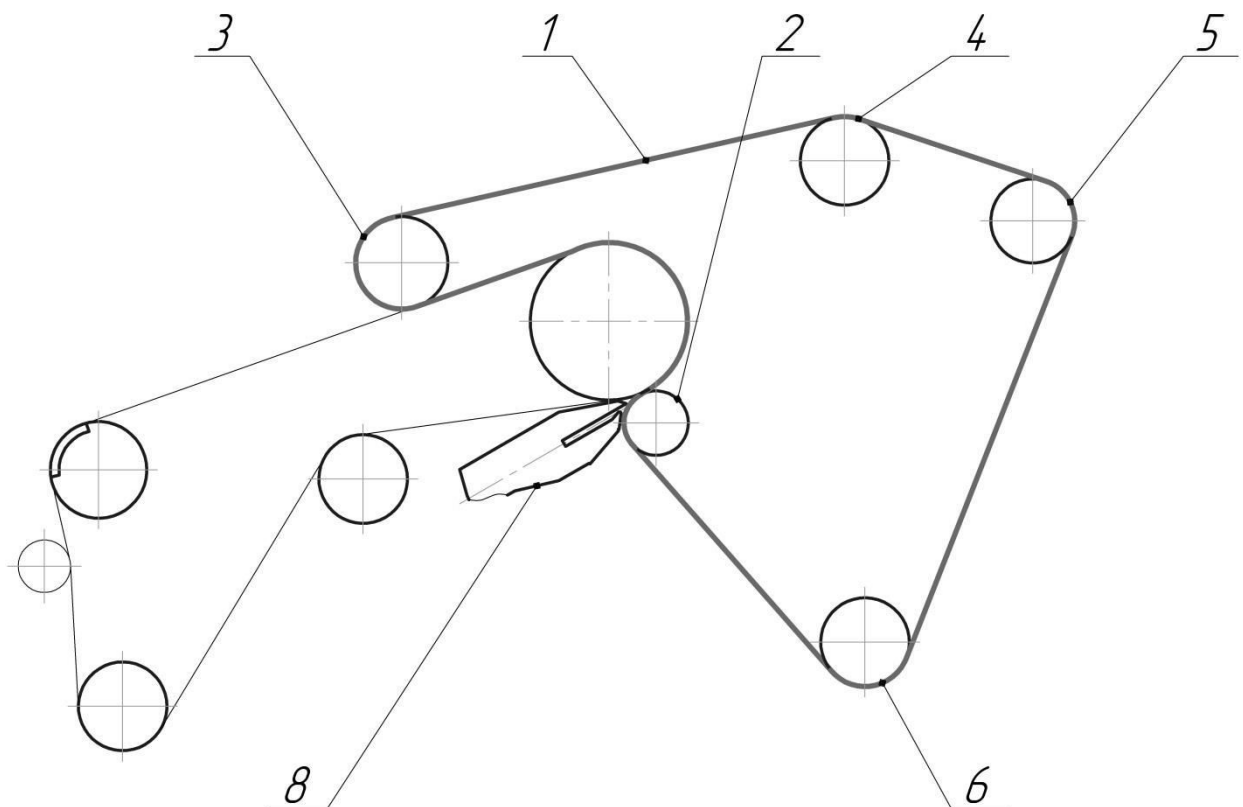
					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Електродвигуни призначені для роботи в режимі S1 – тривала робота при незмінному навантаженні тривалий час для досягнення постійної температури всіх її частин. Ступінь захисту IP54 – підвищений захист електродвигунів від вологи і пилу. Клас ізоляції обмоток статора F, максимальна температура нагріву 150 °С.

### 5.10 Розрахунок потужності привода верхньої сітки

Схема компоновки валів верхньої сітки двосіткової формуючого пристрою ПРМ показана на рисунку 5.9.



1 – верхня сітка, 2 – грудний вал, 3, 5 – сітководучі вали, 4 – сіткоправильний вал, 6 – сітконатяжний вал, 7 – грудний вал, 8 – масонапускний пристрій

Рисунок 5.9 – Компоновка валів верхньої сітки двосіткової формуючого пристрою ПРМ

Мета розрахунку – визначення необхідної потужності приводу грудного валу для приведення в рух верхньої сітки.

Вихідні дані:

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Робоча швидкість машини  $V$ , м/с (м/хв) 20 (1200)

Обрізна ширина паперового полотна  $B$ , м 4,25

Розрахунок потужності приводу грудного валу виконується методом тягових зусиль, за методикою наведеною в [18], [19].

Загальне тягове зусилля для приведення сітки в рух, кН:

$$T = T_B + T_{ш},$$

де  $T_B$  – тягове зусилля на подолання тертя в підшипникових опорах валів, кН;

$T_{ш}$  – тягове зусилля на подолання тертя шаберів об вали, кН.

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипникових опорах грудного валу:

$$T_{гр} = Q_{гр} f \frac{d_{ц.гр}}{D_{гр}} = 53930 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,15}{0,615} = 263 \text{ Н.}$$

де  $Q_{гр}$  – навантаження на грудний вал, Н;

$f$  – приведений коефіцієнт тертя в підшипнику, віднесений до діаметра цапфи (для роликів підшипників 0,02);

$d_{ц.гр}$  – діаметр цапфи грудного валу, м;

$D_{гр}$  – діаметр грудного валу, м.

Сумарне навантаження на грудний вал:

$$Q_{гр} = G_{гр} + Q_{с.гр} + q \cdot K_{гр} = 18930 + 10000 + 5000 \cdot 5 = 53930 \text{ Н,}$$

де  $G_{гр}$  – сила тяжіння грудного валу з підшипниками, Н;

$Q_{с.гр}$  – максимально можлива інтенсивність навантаження на грудний вал від натягу сітки, Н;

$q_{гр}$  – натяг сітки, Н/м;

$K_{гр}$  – довжина оболонки грудного валу, м.

Сила тяжіння цапф грудного валу:

$$G_{ц.гр} = \frac{\pi \cdot d_{ц.гр}^2}{4} \cdot L_{ц.гр} \cdot \rho_{ц.гр} \cdot g = \frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4} \cdot 1 \cdot 7860 \cdot 9,81 = 1362 \text{ Н,}$$

де  $L_{ц.гр}$  – довжина цапфи грудного валу, м;

$\rho_{ц.гр}$  – густина матеріалу цапф грудного валу, кг/м<sup>3</sup>. Матеріал цапф

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

грудного валу – Сталь 40Х.

Сила тяжіння оболонки грудного валу:

$$G_{об.гр} = \frac{\pi \cdot (D_{гр}^2 - d_{гр}^2)}{4} \cdot K_{гр} \cdot \rho_{об.гр} \cdot g = \frac{3,14 \cdot (0,615^2 - 0,565^2)}{4} \times \\ \times 5 \cdot 7000 \cdot 9,81 = 15910,3 \text{ Н},$$

де  $D_{гр}$  – зовнішній діаметр грудного валу, м;

$d_{гр}$  – діаметр оболонки грудного валу, м;

$\rho_{об.гр}$  – густина матеріалу оболонки грудного валу,  $\text{кг/м}^3$ . Матеріал оболонки грудного валу – Ст30.

Сила тяжіння грудного валу з підшипниками:

$$G_{гр} = 2 \cdot G_{ц.гр} + G_{об.гр} + 2 \cdot G_{п.гр} = 2 \cdot 1362 + 15910,3 + 2 \cdot 15 \cdot 9,81 = 18930 \text{ Н}.$$

де  $G_{п.гр}$  – сила тяжіння підшипників грудного валу, Н.

Максимально можлива інтенсивність навантаження на грудний вал від натягу сітки:

$$Q_{с.гр} = 2q_{гр} = 2 \cdot 5000 = 10000 \text{ Н},$$

де  $q_{гр}$  – натяг верхньої сітки,  $\text{кН/м}$ .

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипникових опорах сіткоправильного валу:

$$T_{сп} = Q_{сп} f \frac{d_{ц.сп}}{D_{сп}} z_{сп} = 91540 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,16}{0,844} \cdot 1 = 350 \text{ Н},$$

де  $Q_{сп}$  – навантаження на сіткоправильний вал, Н,

$f$  – приведений коефіцієнт тертя в підшипнику, віднесений до діаметра цапфи (для роликів підшипників 0,02);

$d_{ц.сп}$  – діаметр цапфи сіткоправильного валу, м;

$D_{сп}$  – діаметр сіткоправильного валу, м.

$z_{сп}$  – кількість сіткоправильних валів.

Сумарне навантаження на сіткоправильний вал:

$$Q_{сп} = G_{сп} + Q_{с.сп} + q \cdot K_{сп} = 56540 + 10000 + 5000 \cdot 5 = 91540 \text{ Н},$$

де  $G_{сп}$  – сила тяжіння сіткоправильного валу з підшипниками, Н;

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Q_{с.сп}$  – максимально можлива інтенсивність навантаження на сіткоправильний вал від натягу сітки, Н;

$q_{сп}$  – натяг сітки, Н/м;

$K_{сп}$  – довжина оболонки сіткоправильного валу, м.

Сила тяжіння цапф сіткоправильного валу:

$$G_{ц.сп} = \frac{\pi \cdot d_{ц.сп}^2}{4} \cdot L_{ц.сп} \cdot \rho_{ц.сп} \cdot g = \frac{3,14 \cdot 0,16^2}{4} \cdot 1 \cdot 7860 \cdot 9,81 = 1550 \text{ Н},$$

де  $L_{ц.сп}$  – довжина цапфи сіткоправильного валу, м;

$\rho_{ц.сп}$  – густина матеріалу цапф сіткоправильного валу, кг/м<sup>3</sup>. Матеріал цапф сіткоправильного валу – Сталь 40Х.

Сила тяжіння оболонки сіткоправильного валу:

$$G_{об.сп} = \frac{\pi \cdot (D_{сп}^2 - d_{сп}^2)}{4} \cdot K_{сп} \cdot \rho_{об.сп} \cdot g = \frac{3,14 \cdot (0,844^2 - 0,794^2)}{4} \times \\ \times 5 \cdot 7000 \cdot 9,81 = 22085 \text{ Н},$$

де  $D_{сп}$  – зовнішній діаметр сіткоправильного валу, м;

$d_{сп}$  – діаметр оболонки сіткоправильного валу, м;

$\rho_{об.сп}$  – густина матеріалу оболонки сіткоправильного валу, кг/м<sup>3</sup>.

Матеріал оболонки сіткоправильного валу – Ст30.

Сила тяжіння сіткоправильного валу з підшипниками:

$$G_{сп} = 2 \cdot G_{ц.сп} + G_{об.сп} + 2 \cdot G_{п.сп} = 2 \cdot 1550 + 22085 + 2 \cdot 18 \cdot 9,81 = 56540 \text{ Н}.$$

де  $G_{сп}$  – сила тяжіння підшипників сіткоправильного валу, Н.

Максимально можлива інтенсивність навантаження на сіткоправильний вал від натягу сітки:

$$Q_{с.сп} = 2q_{сп} = 2 \cdot 5000 = 10000 \text{ Н},$$

де  $q_{сп}$  – натяг верхньої сітки, кН/м.

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках сітководучих валів:

$$T_{св} = Q_{св} f \frac{d_{ц.св}}{D_{св}} z_{св} = 91540 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,16}{0,844} \cdot 2 = 695 \text{ Н},$$

де  $Q_{св}$  – навантаження на сітководучий вал, Н;

$f$  – приведений коефіцієнт тертя в підшипнику, віднесений до діаметра цапфи (для роликів підшипників 0,02);

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$d_{ц.св}$  – діаметр цапфи сітководучого валу, м;

$D_{св}$  – діаметр сітководучого валу, м;

$z_{св}$  – кількість сітководучих валів.

Сумарне навантаження на сітководучий вал:

$$Q_{св} = G_{св} + Q_{с.св} + q \cdot K_{св} = 56540 + 10000 + 5000 \cdot 5 = 91540 \text{ Н},$$

де  $G_{св}$  – сила тяжіння сітководучого валу з підшипниками, Н;

$Q_{с.св}$  – максимально можлива інтенсивність навантаження на сітководучий вал від натягу сітки, Н;

$q_{св}$  – натяг сітки, Н/м;

$K_{св}$  – довжина оболонки сітководучого валу, м.

Сила тяжіння цапф сітководучого валу:

$$G_{ц.св} = \frac{\pi \cdot d_{ц.св}^2}{4} \cdot L_{ц.св} \cdot \rho_{ц.св} \cdot g = \frac{3,14 \cdot 0,16^2}{4} \cdot 1 \cdot 7860 \cdot 9,81 = 1550 \text{ Н},$$

де  $L_{ц.св}$  – довжина цапфи сітководучого валу, м;

$\rho_{ц.св}$  – густина матеріалу цапф сітководучого валу,  $\text{кг/м}^3$ . Матеріал цапф сітководучого валу – Сталь 40Х.

Сила тяжіння оболонки сітководучого валу:

$$G_{об.св} = \frac{\pi \cdot (D_{св}^2 - d_{св}^2)}{4} \cdot K_{св} \cdot \rho_{об.св} \cdot g = \frac{3,14 \cdot (0,844^2 - 0,794^2)}{4} \times \\ \times 5 \cdot 7000 \cdot 9,81 = 22085 \text{ Н},$$

де  $D_{св}$  – зовнішній діаметр сітководучого валу, м;

$d_{св}$  – діаметр оболонки сітководучого валу, м;

$\rho_{об.св}$  – густина матеріалу оболонки сітководучого валу,  $\text{кг/м}^3$ . Матеріал оболонки сітководучого валу – Ст30.

Сила тяжіння сітководучого валу з підшипниками:

$$G_{св} = 2 \cdot G_{ц.св} + G_{об.св} + 2 \cdot G_{п.св} = 2 \cdot 1550 + 22085 + 2 \cdot 18 \cdot 9,81 = 56540 \text{ Н}.$$

де  $G_{св}$  – сила тяжіння підшипників сітководучого валу, Н.

Максимально можлива інтенсивність навантаження на сітководучий вал від натягу сітки:

$$Q_{с.св} = 2q_{св} = 2 \cdot 5000 = 10000 \text{ Н},$$

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $q_{св}$  – натяг верхньої сітки, кН/м.

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипникових опорах сітконатяжного валу:

$$T_{сн} = Q_{сн} f \frac{d_{ц.сн}}{D_{сн}} z_{сн} = 91540 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,16}{0,844} \cdot 1 = 350 \text{ Н},$$

де  $Q_{сн}$  – навантаження на сітконатяжний вал, Н,

$f$  – приведений коефіцієнт тертя в підшипнику, віднесений до діаметра цапфи (для роликових підшипників 0,02);

$d_{ц.сн}$  – діаметр цапфи сітконатяжного валу, м;

$D_{сн}$  – діаметр сітконатяжного валу, м.

$z_{сн}$  – кількість сітконатяжних валів.

Сумарне навантаження на сітконатяжний вал:

$$Q_{сн} = G_{сн} + Q_{с.сн} + q \cdot K_{сн} = 56540 + 10000 + 5000 \cdot 5 = 91540 \text{ Н},$$

де  $G_{сн}$  – сила тяжіння сітконатяжного валу з підшипниками, Н;

$Q_{с.сн}$  – максимально можлива інтенсивність навантаження на сітконатяжний вал від натягу сітки, Н;

$q_{сн}$  – натяг сітки, Н/м;

$K_{сн}$  – довжина оболонки сітконатяжного валу, м.

Сила тяжіння цапф сітконатяжного валу:

$$G_{ц.сн} = \frac{\pi \cdot d_{ц.сн}^2}{4} \cdot L_{ц.сн} \cdot \rho_{ц.сн} \cdot g = \frac{3,14 \cdot 0,16^2}{4} \cdot 1 \cdot 7860 \cdot 9,81 = 1550 \text{ Н},$$

де  $L_{ц.сн}$  – довжина цапфи сітконатяжного валу, м;

$\rho_{ц.сн}$  – густина матеріалу цапф сітконатяжного валу, кг/м<sup>3</sup>. Матеріал цапф сітконатяжного валу – Сталь 40Х.

Сила тяжіння оболонки сітконатяжного валу:

$$G_{об.сн} = \frac{\pi \cdot (D_{сн}^2 - d_{сн}^2)}{4} \cdot K_{сн} \cdot \rho_{об.сн} \cdot g = \frac{3,14 \cdot (0,844^2 - 0,794^2)}{4} \times \\ \times 5 \cdot 7000 \cdot 9,81 = 22085 \text{ Н},$$

де  $D_{сн}$  – зовнішній діаметр сітконатяжного валу, м;

$d_{сн}$  – діаметр оболонки сітконатяжного валу, м;

$\rho_{об.сн}$  – густина матеріалу оболонки сітконатяжного валу, кг/м<sup>3</sup>. Матеріал

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оболонки сітконатяжного валу – Ст30.

Сила тяжіння сітконатяжного валу з підшипниками:

$$G_{\text{сн}} = 2 \cdot G_{\text{ц.сн}} + G_{\text{об.сн}} + 2 \cdot G_{\text{п.сн}} = 2 \cdot 1550 + 22085 + 2 \cdot 18 \cdot 9,81 = 56540 \text{ Н.}$$

де  $G_{\text{сн}}$  – сила тяжіння підшипників сітконатяжного валу, Н.

Максимально можлива інтенсивність навантаження на сітконатяжний вал від натягу сітки:

$$Q_{\text{с.сн}} = 2q_{\text{сн}} = 2 \cdot 5000 = 10000 \text{ Н,}$$

де  $q_{\text{сн}}$  – натяг верхньої сітки, кН/м.

Таким чином, загальне навантаження на подолання тертя в підшипниках валів верхньої сітки  $T_{\text{в}}$  складає:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{гр}} + T_{\text{сп}} + T_{\text{св}} + T_{\text{сн}} = 263 + 350 + 695 + 350 = 1658 \text{ Н.}$$

Тягове зусилля на подолання тертя шаберів об поверхні валів верхньої сітки формуючої частини  $T_{\text{ш}}$ :

$$T_{\text{в.ш}} = T_{\text{гр.ш}} + T_{\text{сп.ш}} + T_{\text{св.ш}} + T_{\text{сн.ш}},$$

де  $T_{\text{гр.ш}}$  – тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню грудного валу, Н;

$T_{\text{сп.ш}}$  – тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню сіткоправильного валу, Н;

$T_{\text{св.ш}}$  – тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню сітководучих валів, Н;

$T_{\text{сн.ш}}$  – тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню сітконатяжного валу, Н.

Тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню грудного валу:

$$T_{\text{гр.ш}} = f_{\text{гр.ш}} q_{\text{гр.ш}} b_{\text{гр.ш}} = 0,25 \cdot 200 \cdot 5 = 250 \text{ Н,}$$

де  $f_{\text{гр.ш}}$  – коефіцієнт тертя шабера об поверхню грудного валу [2];

$q_{\text{гр.ш}}$  – тиск шабера на грудний вал, Н/м [2];

$b_{\text{гр.ш}}$  – довжина лінії контакту шабера з грудним валом, м.

Тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню сіткоправильного валу:

$$T_{\text{сп.ш}} = f_{\text{сп.ш}} q_{\text{сп.ш}} b_{\text{сп.ш}} = 0,25 \cdot 250 \cdot 5 = 312,5 \text{ Н,}$$

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $f_{сп.ш}$  – коефіцієнт тертя шабера об поверхню сіткоправильного валу [2];

$q_{сп.ш}$  – тиск шабера на сіткоправильний вал, Н/м [2];

$b_{сп.ш}$  – довжина лінії контакту шабера з сіткоправильним валом, м.

Тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню сітководучих валів:

$$T_{св.ш} = f_{св.ш} q_{св.ш} b_{св.ш} \cdot z_{св} = 0,25 \cdot 250 \cdot 5 \cdot 2 = 625 \text{ Н},$$

де  $f_{св.ш}$  – коефіцієнт тертя шабера об поверхню сітководучого валу [2];

$q_{св.ш}$  – тиск шабера на сітководучий вал, Н/м [2];

$b_{св.ш}$  – довжина лінії контакту шабера з сітководучим валом, м.

Тягове зусилля на подолання тертя шабера об поверхню сітконатяжного валу:

$$T_{сн.ш} = f_{сн.ш} q_{сн.ш} b_{сн.ш} = 0,25 \cdot 250 \cdot 5 = 312,5 \text{ Н},$$

де  $f_{сн.ш}$  – коефіцієнт тертя шабера об поверхню сітконатяжного валу [2];

$q_{сн.ш}$  – тиск шабера на сітконатяжний вал, Н/м [2];

$b_{сн.ш}$  – довжина лінії контакту шабера з сітконатяжним валом, м.

Таким чином, сумарне тягове зусилля на подолання тертя шаберів об поверхні валів верхньої сітки формуючої частини  $T_{в.ш}$ :

$$T_{в.ш} = T_{гр.ш} + T_{сп.ш} + T_{св.ш} + T_{сн.ш} = 250 + 312,5 + 625 + 312,5 = 1500 \text{ Н}.$$

Сумарне тягове зусилля, необхідне для приведення верхньої сітки формуючої частини в рух складає:

$$T_{в.с} = T_{в} + T_{в.ш} = 1658 + 1500 = 3158 \text{ Н}.$$

Збільшення тягового зусилля при можливому підвищенні швидкості з урахуванням коефіцієнта  $K_v$ :

$$K_v = 1 + 0,0004(V_{пр} - 200) = 1 + 0,0004(900 - 200) = 1,28.$$

Можливе збільшення величини тягового зусилля порівняно з середнім, враховується коефіцієнтом  $K_m$ , який для формуючої частини знаходиться в межах 1,25 – 1,3 [2].

Кінцеве значення потужності для приведення верхньої сітки формуючої частини в рух:

$$N_{в.с} = TV_{пр} K_v K_m = 3158 \cdot 20 \cdot 1,28 \cdot 1,3 = 78,8 \text{ кВт}.$$

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Потужність електродвигуна грудного валу з урахуванням коефіцієнта корисної дії редуктора складає:

$$N_{\text{роб.гр}} = \frac{N_{\text{в.с}}}{\eta_{\text{дв}}} = \frac{78,8}{0,93} = 85 \text{ кВт.}$$

Потужність електродвигуна приймається найближчою до стандартної –  $N_{\text{роб.гр}} = 90 \text{ кВт.}$

За результатами розрахунків та згідно з [21] обрано електродвигун АИМ 250М2 (АИММ 250М2) із короткозамкненим ротором, що призначений для роботи від мережі трьохфазного змінного струму, частотою 50 Гц для приводу стаціонарних машин у вибухонебезпечних виробництвах хімічної, газової та нафтопереробної промисловостей.

Електродвигун АИММ 280S2 (АИМ 280S2) має наступні технічні характеристики:

- потужність – 90 кВт;
- частота обертання – 3000 об/хв;
- ККД – 92,3%;
- коефіцієнт потужності – 0,94;
- маса електродвигуна – 550 кг.

Електродвигун АИМ 250М2 (АИММ 250М2) оснащений двома схемами підключення (трикутник/зірка) в залежності від напруги мережі, що подає струм – 220/380 В або 380/660 В. Електродвигун призначений для роботи в режимі S1 – тривала робота при незмінному навантаженні тривалий час для досягнення постійної температури всіх її частин. Ступінь захисту IP54 – підвищений захист електродвигуна від вологи і пилу. Клас ізоляції обмоток статора F, максимальна температура нагріву 150 ° С.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.11 Розрахунок болтового з'єднання

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.10.

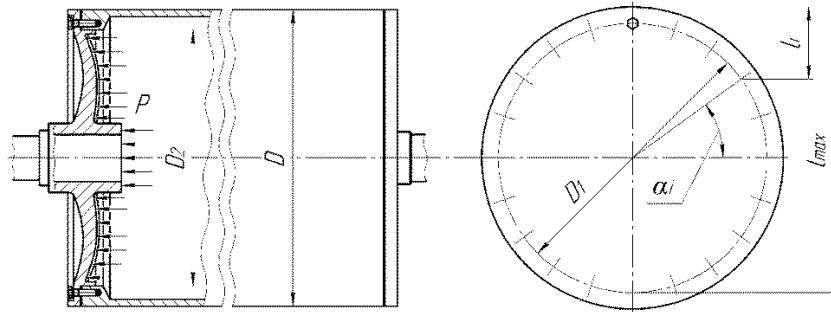


Рисунок 5.10 – Схема навантаження болтів кріплення кришок.

Мета розрахунку: розрахувати болтове з'єднання на міцність

Вихідні дані:

діаметр болта  $d_6$ , м 0,02;

кількість болтів  $z$ , шт. 40;

зовнішній діаметр циліндра  $D$ , м 1,5;

діаметр по колу болтів  $D_1$ , м 1,4.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [2].

Площа поперечного перерізу болта:

$$F_6 = \frac{\pi d_6^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,02)^2}{4} = 3,142 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2,$$

де  $d_6$  – діаметр болта по внутрішньому діаметру різьби, м.

Відстань від осі болтів до верхньої кромки циліндра:

$$l_i = \frac{1}{2} (D - D_1 \sin \alpha_i) = \frac{1}{2} (1,5 - 1,4 \sin - 90) = 1,3 \text{ м}$$

де  $\alpha_i = -90^\circ$ .

Відстань від осі найбільш навантаженого болта до верхньої кромки циліндра:

$$l = \frac{1}{2} (D + D_1) = \frac{1}{2} (1,5 + 1,4) = 1,45 \text{ м.}$$

Зусилля натягу найбільш навантаженого болта від моменту  $M_1$ :

$$Q_M = \frac{M_1 l}{\sum l_i^2} = \frac{37562,88 \cdot 1,45}{8,55} = 1609 \text{ Н.}$$

Амплітуда перемінних напружень:

$$\sigma_a = \frac{\chi Q_M}{2 F_6} = \frac{0,3 \cdot 1610}{2 \cdot 3,142 \cdot 10^{-4}} = 0,768 \text{ МПа,}$$

де  $\chi = 0,3$  – коефіцієнт основного навантаження [6].

Найбільше напруження:

$$\sigma_{\max} = \frac{k_{\text{ст}} (1 - \chi) Q}{F_6} \cdot 1,3 + \frac{\chi \cdot Q_M}{F_6} = \frac{3(1 - 0,3) \cdot 22874,65}{3,142 \cdot 10^{-4}} \cdot 1,3 + \frac{0,3 \cdot 1610}{3,142 \cdot 10^{-4}} = 200,31 \text{ МПа,}$$

де  $k_{\text{ст}} = 2,5 \div 4$  – коефіцієнт запасу проти розкриття стику [6].

Границя витривалості болта:

$$\sigma_{-1k} = \frac{\sigma_{-1}}{k_{\sigma}} = \frac{220}{2,8} = 78,57 \text{ МПа,}$$

де  $k_{\sigma}$  – ефективний коефіцієнт концентрації напружень [6].

Запас міцності по амплітуді:

$$n_a = \frac{\sigma_{-1k}}{\sigma_a} = \frac{78,57}{0,768} = 102,211.$$

Умова міцності по амплітуді:

$$n_a \geq [n_a] = 2,5 \div 4.$$

Запас міцності за максимальними напруженнями:

$$n = \frac{\sigma_{\tau}}{\sigma_{\max}} = \frac{360}{200,31} = 1,797$$

Максимальне дотичне зусилля матеріалу болта Ст 45,  $\sigma_{\tau} = 360$  МПа

Умова міцності:

$$n \geq [n] = 1,25 \div 2,5.$$

Висновок: кріплення кришок формуючого вала виконане болтами М24, і за наведеним розрахунком було визначено, що виконується умова міцності та надійності болтового з'єднання.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.12 Розрахунок сіткоправки

На рисунку 5.11 показана схема силових факторів, що діють на сіткоправку.

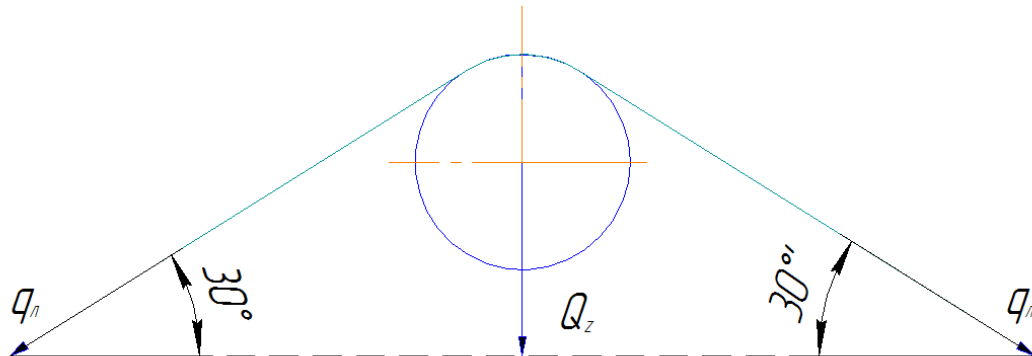
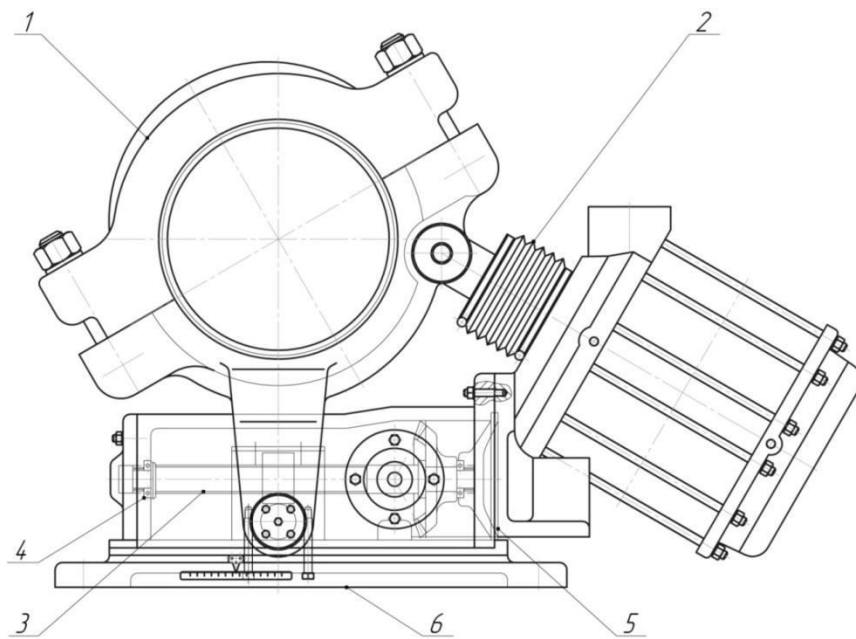


Рисунок 5.11 – Схема силових факторів що діють на сіткоправку

Схему конструкції сіткоправки пневматичної наведено на рисунку 5.12.



1 – вал сіткоправильний, 2 – пневмоциліндр, 3 – вал регулювальний,  
4 – підшипниковий вузол валу регулювального, 5 – маховик, 6 – корпус

Рисунок 5.12 – Сіткоправка пневматична

Мета розрахунку – визначення тиску, який необхідно створити у діафрагмі пневмобалона.

Вихідні дані:

Лінійний натяг сітки  $q_{л}$ , кН/м

5

Ширина сітки  $B$ , м

4,8

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Діаметр діафрагми  $d_d$ , м

0,15

Розрахунок виконується згідно з методикою, наведеною в [3].

У зв'язку із можливою непаралельністю сіткоправильних та сітководучих валів формуючого пристрою папероробної машини, нерівномірним подовження сітки, різною вологістю по ширині машини, сітка може зміщуватися перпендикулярно ходу відносно осі машини на лицьову або приводну сторону, що може призвести до пошкодження кромки сітки.

Рівнодійна сила натягу сітки, тобто зусилля, яке потрібно створити на каретці сіткоправки складає:

$$Q_z = 2 \cdot q_l \cdot B \cdot \sin \alpha_c = 2 \cdot 5 \cdot 4,25 \cdot \sin 30^\circ = 21,25 \text{ кН},$$

де  $\alpha_c$  – кут огинання сіткою валу сіткоправильного.

Тиск, що потрібно створити в діафрагмі:

$$P_d = \frac{2 \cdot Q_z}{\pi \cdot d_d^2 \cdot \eta_{\pi}} = \frac{2 \cdot 21,25}{\pi \cdot 0,15^2 \cdot 0,85} = 708333 \text{ Па} = 0,71 \text{ МПа},$$

де  $d_d$  – діаметр діафрагми, м;

$\eta_{\pi}$  – ККД пневмопристрою.

Висновок: тиск, який необхідно створити у діафрагмі складає 0,4 МПа.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації

### 6.1 Монтажні роботи

Для безперервної роботи формуючого пристрою ПРМ, його треба точно та правильно скласти та змонтувати. Для монтажу пристрою спеціально розробляють монтажну документацію відповідно до стандарту ОСТ-26-08-2017-92. Також вимоги до монтажу та ремонтних робіт можуть бути зазначені у кресленнях формуючого пристрою або його складальних вузлів. Монтажні роботи виконуються з додержанням вимог СНіП 3.05.05-84. Перед монтажем формуючого пристрою треба укласти фундамент з додержанням високих точностей [25].

Формуючий пристрій ПРМ як і інші частини машини поставляються виробників у розібраному статі та потребують монтажних та складальних робіт. Для монтажу цих частин формуючого пристрою та подальшого його обслуговування, в цеху, де проводиться монтаж, повинен бути встановлений мостовий кран. Його вантажопідйомність повинна бути не менше 15 тон. Перед монтажем формуючого пристрою проводять укрупнене складання частин. Для укрупненого складання формуючого пристрою є монтажно-установчі та монтажно-складальні креслення, а також технічні вимоги.

Монтажний процес формуючого пристрою ПРМ складається з таких операцій:

- монтаж на фундамент станин формуючого пристрою ПРМ;
- встановлення формуючого вала (базового вала) у формуючий пристрій з його вивіркою відносно головних осей папероробної машини;
- подальший монтаж валів з вивіркою відносно базового вала формуючого пристрою ПРМ.

Після монтажу проводиться підготовка до пуску формуючого пристрою. Пуск проводиться за такими етапами:

1. Обслуговуючий персонал перевіряє формуючий пристрій на відсутність сторонніх предметів в середині машини.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Перевіряється кріплення валів, сприсків, труб, огорожі та болтів які їх скріплюють.

3. Натяжка формуючих сіток.

4. Встановлення в робоче положення сіткоправок.

5. Встановити в робоче положення очисних шаберів.

6. Встановити сіткоправильні валки в необхідне положення.

7. Регулювання натягу сітко натяжок.

8. Регулювання сіткомийок.

9. Перевірка пневматичних механізмів [25].

Після запуску формуючого пристрою ПРМ перевіряється повна потужність роботи машини при високих робочих навантаженнях. Після всіх перевірок, на формуючу частину опускається пересмоктуючий вал пресової частини, який пересмоктує паперове полотно з формуючої сітки на пресову частину.

Під час роботи формуючої частини треба слідкувати за станом формуючих сіток, щоб запобігти маркуванню паперового полотна. Слідкувати за напірним ящиком та чистотою шаберів.

При виникненні якихось неполадок, які впливатимуть на роботу формуючого пристрою ПРМ або якість паперового полотна, необхідно зупинити машину для подальшого усунення несправностей.

Формуючий пристрій ПРМ зупиняють у наступному порядку:

- зменшити подачу паперової масу у напірний ящик;
- відключають сукномийки;
- відключають привод формуючого вала та грудного вала;
- відводять шабери від валів;
- піднімають вали;
- виконати промивку формуючого пристрою ПРМ та виконують ремонтні роботи [25].

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7 Рівень стандартизації та уніфікації

При конструюванні машин і апаратів хімічної та нафтопереробної промисловості варто максимально використовувати стандартні, нормалізовані й уніфіковані конструктивні елементи, деталі та вузли.

Уніфікація – це раціональне скорочення числа типів, видів, розмірів вузлів і їхніх елементів. З урахуванням класифікації процесів ряд машин і апаратів уніфіковані, тобто в конструкції передбачена можливість використання їх у різних виробництвах для проведення того самого процесу у визначеному діапазоні параметрів.

Стандартизація устаткування – це зведення численних видів виробів однакового функціонального призначення до обмеженого числа обов’язкових стандартних зразків.

Представлена у дипломній роботі модернізована конструкція формуючого пристрою ПРМ була спроектована на основі аналогу формуючої частини, встановленому на ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат». Вона складається зі стандартизованих та уніфікованих елементів, вузлів, що застосовуються на виробництві в умовах експлуатації.

Формуючий пристрій ПРМ складається із 500 типів деталей, з яких:

- стандартизованих  $N_c = 200$ ,
- уніфікованих  $N_y = 115$ ,
- індивідуальних ненормалізованих  $N_i = 185$ .

Стандартні вироби конструкції формуючого пристрою ПРМ підібрані за наступними стандартами:

1. Болти за ГОСТ 7796, ГОСТ 7798.
2. Гайки за ГОСТ 5915, ГОСТ 11371.
3. Гвинти ГОСТ 1476, ГОСТ 1491, ГОСТ 17473, ГОСТ 17473, ГОСТ 10336, ГОСТ 17478.
4. Манжети за ГОСТ 8752.
5. Шайби ГОСТ 6402, ГОСТ 11371, ГОСТ 14734.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



6. Рим-болт ГОСТ 4751.

7. Шплінти ГОСТ 3129.

8. Шпильки за ГОСТ 22034.

Виходячи з цього, коефіцієнт стандартизованих деталей в конструкції складає:

$$K_c = \frac{N_c}{N_c + N_i} = \frac{200}{200 + 185} = 0,52.$$

Коефіцієнт уніфікованих деталей складає:

$$K_y = \frac{N_y}{N_y + N_i} = \frac{115}{115 + 185} = 0,38.$$

Отже, за результатами розрахунків з'ясовано, що модернізована конструкція стандартизована на 52% та уніфікована на 38%, що допомогло спростити конструкцію формуючого пристрою ПРМ та дало можливість спростити технологічні процеси виготовлення окремих деталей, а також знизити вартість конструкції.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8 Техніко-економічне обґрунтування модернізації

Модернізація формуючого пристрою з удосконаленням формуючого вала в умовах діючого ПАТ «Київського картоно-паперового комбінату» (Київський КПК).

У розробленій конструкції двосіткового формуючого пристрою модернізовано конструкцію формуючого валу шляхом зміни типу його зовнішньої поверхні – замість гладкої, пористе покриття (панчоха)

Запропоновані вдосконалення існуючої конструкції істотно вплинуть на процес зневоднення паперового полотна на формуючому пристрої та на властивості паперу: покращиться структура полотна, підвищиться показник розривної довжини полотна, число подвійних перегинів (вздовж і впоперек полотна) і опір продавлюванню, зменшиться повітропроникність. Також збільшиться продуктивність ПРМ в цілому та підвищиться сухість паперового полотна після формуючого пристрою, а витрати електроенергії при цьому залишаться незмінними..

### 8.1 Обґрунтування необхідності модернізації

Вдосконалення конструкції діючого базового устаткування – двосіткової формуючої частини ПРМ, здійснюється з метою покращення споживчих властивостей базової конструкції, тобто її характеристик: продуктивності, потужності, сухості паперового полотна після формуючої частини та ін.

В дипломному проекті модернізується формуючий пристрій ПРМ з удосконаленням формуючого вала.

Головним завдання економічної частини зробити техніко-економічні обґрунтування доцільності удосконалення формуючого пристрою. Накат призначений для намотування картонного полотна в рулони, де хороша якість та рівномірна щільність намотки рулонів забезпечують нормальні умови для подальшої обробки картонного полотна. Тому вдосконалення накату є досить

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

актуальною проблемою, яка вимагає вирішення і може сприяти підвищенню ефективності виробництва.

Економічно доцільно здійснювати роботу з удосконалення діючого базового устаткування, поєднуючи її з капітальним ремонтом. За результатами виробничої практики на ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат» встановлено, що модернізація устаткування хімічної, нафтопереробної та паперової галузей забезпечує збільшення його продуктивності на 10 – 20%, а понесені на неї витрати не перевищують половини вартості нових одиниць виробництва. Показники, що характеризують базову конструкцію та очікувані показники модернізованої машини зведені до таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Основні техніко-економічні показники базової та вдосконаленої конструкції формуючого вала, формуючого пристрою ПРМ.

Найменування показників	Одиниця виміру	Устаткування	
		Діюче, яке підлягає модернізації (базове)	Після модернізації (нове)
Продуктивність ПРМ по абсолютно сухому паперові	т/рік	120180	120200
Обрізна ширина паперу	м	4,250	4,250
Потужність електродвигунів	кВт	315	315
Діаметр формуючого валу	м	1,5	1,5
Сухість після формуючої частини	%	23	26
Тривалість ремонтного циклу	місяць	5	5
Площа, яку займає формуюча частина в цеху	м <sup>2</sup>	42	42

## 8.2 Розрахунок суми капітальних витрат

Капітальні витрати підприємства визначаються сумою витрат на розробку та виготовлення необхідних елементів устаткування або ж придбання його у компанії-виробника з включенням всіх витрат на придбання, встановлення та налагодження об'єкту. Виготовлення або придбання системи утримання пористого шару (панчохи) на валу. Тому сума капітальних витрат в даному випадку складається з наступних елементів:

- витрати на проектно-конструкторські роботи по модернізації,
- витрати на технологічну підготовку проекту модернізації,
- витрати на вдосконалення конструкції формуючого валу.

Сума витрат на зарплату на технологічну підготовку проекту модернізації становить:

$$\begin{aligned} \text{КТП} &= K_{\text{год}} \text{ТП} \cdot t(1 + \text{ЄСВ})(1 + \text{Пр}) = 80 \cdot 28 \cdot (1 + 0,22)(1 + 0,15) = \\ &= 3142,72 \text{ грн,} \end{aligned}$$

де  $K_{\text{год}} \text{ТП}$  – заробітна плата виконавця за годину, грн,

$t$  – норма часу на виконання робіт, год,

ЄСВ – ставка єдиного соціального внеску на заробітну плату 22%,

Пр – премія, встановлена на підприємстві, 15%.

Таблиця 8.2 Витрати на технологічну підготовку проекту

Статті витрат	Сума, грн
Основна зарплата	2240
Додаткова зарплата (премія)	336
Відрахування на соціальні заходи (ЄСВ)	566,72
Вартість проектних матеріалів	615
Накладні витрати	896
Разом	4653,72

Сума витрат на придбання та встановлення додаткового обладнання складається із ціни виробника даного обладнання, витрат на його

транспортування, монтаж і налагодження. Для даного проекту модернізації необхідним є придбання або виготовлення системи притискання та утримання пористого шару (панчохи) на валу. Орієнтовна ціна даного обладнання з врахуванням витрат на виготовлення та доставку ( $C_n$ ) становить 25000 грн.

Витрати на монтаж та налагодження розраховуються у відсотках від ціни обладнання (15 – 25%), в даному варіанті витрати складуть 20% з врахуванням обсягів робіт:

$$K_{дн} = C_n \cdot k = 25000 \cdot 0,2 = 5000 \text{ грн,}$$

де  $K_{дн}$  – сума витрат на монтаж та налагодження,

$C_n$  – вартість додаткового обладнання,

$k$  – частка витрат на оплату робіт щодо монтажу та налагодження.

Таким чином, витрати на придбання або виготовлення системи притискання та утримання пористого шару (панчохи) на валу, складуть:

$$K = K_{дн} + C_n = 5000 + 25000 = 30000 \text{ грн.}$$

Загальна сума капітальних вкладень:

$$K_{заг} = П + КТП + K = 6000 + 4650 + 30000 = \\ = 40650 \text{ грн,}$$

де  $K_{заг}$  – загальна сума капітальних вкладень у проект модернізації, грн,

$П$  – витрати на проектно-конструкторські роботи 6000 грн,

$КТП$  – сума витрат на технологічну підготовку 4650 грн.

### 8.3 Розрахунок економічного ефекту від впровадження модернізації

Економічний ефект від проведення модернізації формуючого пристрою ПРМ буде отримано за рахунок:

- підвищення сухості паперового полотна після формуючого пристрою,
- збільшення продуктивності ПРМ,
- зменшення експлуатаційних витрат,
- зменшення тривалості ремонтних робіт.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підвищення сухості паперового полотна після формуючого пристрою призводить до підвищення продуктивності ПРМ по абсолютно сухому паперу.

Приріст продуктивності ПРМ в результаті його модернізації складатиме:

$$\Delta\P = \Pi_{\text{н}} - \Pi_{\text{б}} = 120200 - 120180 = 20 \frac{\text{тонн}}{\text{рік}},$$

де  $\Delta\P$  – приріст продуктивності за рік,

$\Pi_{\text{б}}$ ,  $\Pi_{\text{н}}$  – річна продуктивність обладнання до та після модернізації відповідно.

Тоді, підприємство отримає додатковий прибуток від зростання продуктивності обладнання:

$$E_1 = \Delta\P \cdot \Pi_{\text{ГП}} = 20 \cdot 1151 = 23020 \text{ грн.}$$

де  $E_1$  – ефект від зростання продуктивності обладнання,

$\Pi_{\text{ГП}}$  – маржинальний прибуток від продажу за одиниці готової продукції, що дорівнює різниці ціни та змінних витрат на одиницю продукції, грн.

$$\Pi_{\text{ГП}} = \Pi_{\text{г.п.}} - 3В = 50000 - 48849 = 1151 \text{ грн.},$$

де  $\Pi_{\text{г.п.}}$  – ціна за тонну готової продукції. Згідно із прас-листом продукції ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат», 1 тонна санітарно-гігієнічного паперу коштує 50000 грн.

3В – змінні витрати підприємства, до яких входить ціна на сировину, необхідну для виготовлення тонни готової продукції ( $\Pi_{\text{с}}$ , грн) та оподаткована заробітна плата основних робочих ( $3\Pi_{\text{роб}}$ , грн.).

$$3В = \Pi_{\text{с}} + 3\Pi_{\text{роб}} = 30000 + 15450(1 + \text{ЄСВ}) = 48849 \text{ грн.}$$

Здійснення модернізації обладнання дозволить зменшити експлуатаційні витрати підприємства. Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування, складаються з наступних статей витрат:

- витрати паливно-мастильних матеріалів,
- витрати на придбання та виготовлення запасних частин,
- витрати на оплату праці персоналу, що ремонтує устаткування,
- інші експлуатаційні витрати.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат для удосконаленого базового устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням складає:

$$E_2 = q_{\text{баз}} \cdot \Phi_{\text{баз}} - q_{\text{нов}} \cdot \Phi_{\text{нов}} = 0,03 \cdot 2000000 - 0,02 \cdot 2041323 = 19174 \text{ грн},$$

де  $q_{\text{баз}} = 0,03$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат для базового устаткування формуючої частини ПРМ, [27];

$q_{\text{нов}} = 0,02$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат для удосконаленого устаткування формуючої частини ПРМ, [27];

$\Phi_{\text{баз}} = 2000000$  – первісна вартість базового устаткування, згідно із прас-листом компанії-виробника, млн. грн.,

$\Phi_{\text{нов}} = 2041323$  – первісна вартість удосконаленого устаткування, грн.

Модернізація устаткування дозволить скоротити витрати на здійснення ремонтних робіт, зокрема через співвідношення тривалості ремонтного циклу базового устаткування та модернізованого:

$$E_3 = P \cdot \frac{T_{\text{нов}}}{T_{\text{баз}}} = 2500 \cdot \frac{7}{5} = 3500 \text{ грн},$$

де  $E_3$  – економія витрат на здійснення ремонтних робіт, грн,

$P$  – середньорічна вартість одного циклу ремонту базового устаткування, яка складає 2500 грн, за даними підприємства,

$T_{\text{баз}} = 5$  – тривалість ремонтного циклу базового устаткування, місяців,

$T_{\text{нов}} = 7$  – тривалість ремонтного циклу устаткування після модернізації, місяців.

Таким чином, загальна сума додаткового річного прибутку підприємства за рахунок модернізації формуючого пристрою ПРМ складе:

$$\begin{aligned} \text{ЧП} &= (E_1 + E_2 + E_3)(1 - c_{\text{под}}) = (23020 + 19174 + 3500)(1 - 0,18) = \\ &= 37470 \text{ грн}, \end{aligned}$$

де ЧП – сума річного чистого прибутку, додатково отриманого підприємством після модернізації устаткування,

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$c_{\text{под}}$  – ставка податку на прибуток, яка відповідно до Податкового кодексу України складає 18%.

#### 8.4 Оцінка ефективності модернізації формуючого пристрою папероробної машини

Оцінка ефективності модернізації формуючого пристрою папероробної машини здійснюється шляхом порівняння суми капітальних вкладень з отримуваним додатковим прибутком. Річний економічний ефект:

$$E_{\text{річ}} = \text{ЧП} - K_{\text{заг}} \cdot E_{\text{н}} = 37470 - 40650 \cdot 0,1 = 33450 \text{ грн,}$$

де  $E_{\text{н}}$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень. Ця величина обернена нормативному терміну експлуатації устаткування:

$$E_{\text{н}} = \frac{1}{T} = \frac{1}{10}$$

де  $T = 10$  – нормативний термін експлуатації устаткування, років.

Також оцінка доцільності модернізації устаткування здійснюється за допомогою періоду окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{заг}}}{\text{ЧП}} = \frac{40650}{37470} = 1,08 \text{ років,}$$

де  $T_{\text{ок}}$  – період окупності капітальних вкладень в модернізацію устаткування.

Середній період окупності аналогічних проектів складає 1 – 3 роки, тому запропонована модернізація формуючого пристрою ПРМ характеризується відносно малим періодом окупності.

Висновок: оскільки запропонована модернізація діючої на підприємстві базового формуючого пристрою ПРМ має малий період окупності відносно аналогічних проектів, то її впровадження на підприємстві є доцільним.

В результаті модернізації формуючого пристрою на 20% підвищується продуктивність ПРМ по абсолютно сухому паперу та зростає показник сухості паперового полотна. Покращуються властивості паперу, що виготовляється на ПРМ та повноцінно проходить процес двосторонньої фільтрації. Також до

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



позитивного ефекту від модернізації відноситься покращення показників охорони праці та ергономіки обслуговуючого персоналу.

З метою вдосконалення системи очищення внутрішньої оболонки гауч-валу пропонується придбати систему вакуум-очищення німецької компанії «Voith». Доставка, монтаж та перевірка забезпечення необхідних технологічних показників системи вакуум-очищення здійснюватиметься компанією-виробником.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновок

В дипломному проекті на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» на тему «Модернізація формуючого пристрою папероробної машини. Комплексний» розроблено та вдосконалено конструкцію двосіткового формуючого пристрою папероробної машини, а саме формуючий вал, що призначений для формування та початкового зневоднення паперового полотна.

В результаті виконання дипломного проекту також розроблено описання технологічного процесу формування паперового полотна та конструкції двосіткового формуючого пристрою папероробної машини типу «Дуоформер Т», його основних складальних одиниць та деталей. Обрано матеріали для виготовлення елементів конструкції формуючого пристрою, порівняно основні показники розробленої конструкції з аналогами, проведено патентні дослідження. Для підтвердження працездатності та надійності конструкції формуючого пристрою проведено необхідні розрахунки його основних складальних одиниць, розроблено заходи з охорони праці, рекомендації щодо монтажу та експлуатації; встановлено рівень стандартизації та уніфікації двосіткового формуючого пристрою, визначено очікувані техніко-економічні показники від модернізації конструкції формуючого вала.

Модернізація базової конструкції двосіткової формуючого пристрою типу «Дуоформер Т», що функціонує на ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат», полягає у вдосконаленні системи зневоднення паперового полотна, шляхом додавання сітчастого покриття (панчохи) на поверхню формуючого вала. Це дозволяє збільшити інтенсивність зневоднення шляхом реалізації процесу двосторонньої фільтрації води. В результаті цього сухість паперового полотна після сіткової частини підвищується до 26%, продуктивність ПРМ – до 39400 т/рік при заданих умовах. Також з'являється можливість виготовляти санітарно-гігієнічний папір більшою масою квадратного метра або за більшої швидкості (від 25 г/м<sup>2</sup> за швидкості 22,7 м/с до 38 г/м<sup>2</sup> за швидкості 15 м/с). Тому зазначена модернізація рекомендована для впровадження у виробництво.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Графічна частина дипломного проекту складається із 6,5 креслень в перерахунку на формат А1: ілюстрації технічної ідеї патенту на корисну модель, результатів наукових досліджень, складальних креслеників: формуючого пристрою ПРМ, масонапускного пристрою, гауч-валу, формуючого валу. До складальних креслеників розроблено специфікації.

За результатами роботи отримано патент на корисну модель формуючого вала, опубліковано дві тези доповідей на Всеукраїнських конференціях.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вывод

В дипломном проекте на получение образовательной степени «Бакалавр» на тему «Модернизация формующего устройства бумагоделательной машины. Комплексный »разработан и усовершенствовано конструкцию двосеткового формующего устройства бумагоделательной машины, а именно формирующий вал, предназначенный для формирования и начального обезвоживания бумажного полотна.

В результате выполнения дипломного проекта также разработано описание технологического процесса формирования бумажного полотна и конструкции двосеткового формирующего устройства бумагоделательной машины типа «Дуоформер Т», его основных сборочных единиц и деталей. Выбраны материалы для изготовления элементов конструкции формирующего устройства, были сравнены основные показатели разработанной конструкции с аналогами, проведены патентные исследования. Для подтверждения работоспособности и надежности конструкции формирующего устройства проведены необходимые расчеты его основных сборочных единиц, разработаны мероприятия по охране труда, рекомендации по монтажу и эксплуатации; установлен уровень стандартизации и унификации двосеткового формирующего устройства, определены ожидаемые технико-экономические показатели от модернизации конструкции формирующего вала.

Модернизация базовой конструкции двосеткового формирующего устройства типа «Дуоформер Т», функционирующий на ЧАО «Киевский картонно-бумажный комбинат», заключается в совершенствовании системы обезвоживания бумажного полотна, путем добавления сетчатого покрытия (чулки) на поверхность формирующего вала. Это позволяет увеличить интенсивность обезвоживания путем реализации процесса двусторонней фильтрации воды. В результате этого сухость бумажного полотна после формующей части повышается до 26%, производительность БДМ — к 39400 т / год при заданных условиях. Также появляется возможность изготавливать

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

санитарно-гигиенический бумагу большей массой квадратного метра или большей при скорости (от 25 г / м<sup>2</sup> при скорости 22,7 м / с до 38 г / м<sup>2</sup> при скорости 15 м / с). Поэтому указанная модернизация рекомендована для внедрения в производство.

Графическая часть дипломного проекта состоит из 6,5 чертежей в пересчете на формат А1: иллюстрации технической идеи патента на полезную модель, результатов научных исследований, сборочных чертежей: формирующего устройства ПРМ, масонапускного устройства, гауч-вала, формирующего вала. К сборочных чертежей разработаны спецификации.

По результатам работы получен патент на полезную модель формирующего вала, опубликовано два тезиса докладов на Всеукраинских конференциях

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Conclusion

In the diploma project for obtaining an educational degree "Bachelor" on the theme "Modernization of the molding device of a paper machine. Complex "the design and development of a two-shaft molding device of a paper-making machine was developed and improved, namely a forming shaft intended for forming and initial dewatering of a paper web.

As a result of the graduation project, a description of the technological process of forming a paper web and the construction of a two-shaft molding device of a paper-making machine of type "Duformer T", its main assembly units and parts was developed. The materials for the construction of the elements of the design of the molding device, the comparative basic indicators of the developed design with the analogues, and the patent research were conducted. To confirm the efficiency and reliability of the design of the molding device, the necessary calculations of its main assembly units have been carried out, measures on occupational safety, recommendations for installation and operation have been developed; the level of standardization and unification of the two-shaft molding device is established, the expected technical and economic indicators from the modernization of the design of the molding shaft are determined.

Modernization of the basic design of the two-shaft molding device of the type "Duopomer T", which operates in the PJSC "Kyiv Cardboard and Paper Mill", consists in improving the system of dewatering a paper web by adding a mesh covering (stocking) to the surface of the molding shaft. This allows you to increase the intensity of dehydration by implementing the process of two-way water filtration. As a result, the dryness of the paper web after the net part rises to 26%, the productivity of the PPM → to 39400 t / year under given conditions. Also, it is possible to make sanitary-hygienic paper at a larger mass per square meter or at a higher speed (from 25 g / m<sup>2</sup> at a speed of 22.7 m / s to 38 g / m<sup>2</sup> at a speed of 15 m / s). Therefore, this modernization is recommended for implementation in production.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

The graphic part of the diploma project consists of 6.5 drawings in the A1 format: illustrations of the technical idea of the patent for the utility model, the results of scientific research, assembly drawings: PNM molding device, hand-drawing device, clamping shaft, forming shaft. Specifications have been developed for assembly drawings.

As a result of the work the patent for the useful model of the forming shaft has been obtained, two theses of reports have been published at All-Ukrainian conferences.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік посилань

1. Коновалов А. Б. Пресовые части бумаго- и картоно-делательных машин: Учебное пособие / Смирнов В. А., ГОУВПО СПбГТУРП. СПб., 2006. 91 с.: ил. 50. – ISBN 5-230-14391-6.
2. Эйшлин И. Я. Бумагоделательные и отделочные машины, изд. 3-е, испр. и доп. Изд-во «Лесная промышленность», 1970, стр. 634.
3. Писаренко Г. С. Опір матеріалів: Підручник / О. Л. Квітка, Е. С. Уманський; За ред. Г. С. Писаренка. – К.: Вища шк., 1993. – 655 с.
4. Киркач Н. Ф. Расчет деталей и проектирование деталей машин. Учебное пособие для технических вузов / Р. А. Баласанян. – Харьков.: Основа, 1991. – 276 с.
5. Марчевський В. М. Конструкторська документація курсових і дипломних проектів. Київ: Норіта-плюс, 2006.
6. Пожитков В. И. Справочник механика целлюлозно-бумажного предприятия / Калинин М. И., Старец И. С. и др.: Под ред. канд. техн. наук М. И. Калинина. – М.: Лесная пром-сть. 1983. – 552 с.
7. Офіційний сайт асоціації «Укрпапір» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrpaper.org/news.php>
8. Чичаев, В. А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2. Бумагоделательные машины: учеб / В. А. Чичаев, М. Л. Глезин, В. А. Екимов и др. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 264 с.
9. Фляте, Д. М. Технология бумаги. Учебник для вузов / Д. М. Фляте. – М. Лесн. пром-сть, 1988 – 440 с.
10. Иванов, С. Н. Технология бумаги / С. Н. Иванов. – 3-е изд. – М.: Школа бумаги, 2006. – 696 с.
11. Матеріали переддипломної практики, отримані на ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат».
12. Акулов Б. В. Производство бумаги и картона: Учебное пособие /

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- Б.В. Акулов, С.Г.Ермаков – Перм.гос.техн.ун-т. – 2010. – 440 с.
- 13.Відсмоктуючий вал: пат.100184. Україна. МПК D21F 3/10 (2006.01) /Марчевський Віктор Миколайович,Процак Анна Сергіївна; заявник і власник Марчевський Віктор Миколайович;Процак Анна Сергіївна, 10.07.2015, Бюл.№ 13.
  - 14.Офіційний сайт компанії «Voith» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://voith.com/corp-en/index.html>
  - 15.Офіційний сайт компанії «Valmet» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.valmet.com>
  - 16.Эйдлин, И.Я. Бумагоделательные и отделочные машины, изд. 3-е, испр. и доп. / И.Я. Эйдлин. – М.: «Лесная промышленность», 1970. – 624 с.
  17. Смолин, А.С. Технология формирования бумаги и картона / Смолин А.С., Аксельрод Г.З. – М.: Лесн. пром.-сть – 120 с.
  18. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.2. – 9-е изд., перераб. и доп / под. ред.. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2006. – 960 с.
  - 19.Пат. № 126991 Україна, МПК D21F 3/10 (2006.1). Відсмоктувальний вал/ О.А. Новохат, М.Б. Матохнюк; власники: О.А. Новохат, М.Б. Матохнюк. – U201801681; заявл. 20.02.18; публ. 10.07.2018, Бюл. № 13. – 5с.
  20. Пат. № 2010120644/12 , Российская Федерация, МПК (2006.01) D21F 3/02, D21F 7/08 (2006.1), D21F 27/02. Структурирующая лента для изготовления бумажных салфеток/ Клерелид Ингавар, Томассон Ола, Абберг Бо-Кристен, Джонсон Кери П., ЛаФонд Джон Дж.; власники Олбани Интернешнл корп.– RU2407838C2; заявл. 27.12.2011; публ. 20.06.2014, Бюл. № 17. – 4с.
  - 21.Patent № 4526389 Japan, Current CPC Class:D21F 9/02 (2006.01); D21F 1/52 (2006.01); Formation of a paper or paperboard web in a twin wire section of a twin-wire former or formers/ Inventor アーウィン, ジェフリー, シーアンティライネン, サミオデル, ミカ

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

エルコルホネン, ハンヌプーラティネン, アリポイコライネン, アン  
 テイ – № JP 4526389; Appl. No.: 9; Filed: 2010.6.11. Publication  
 Date: 2010.8.18. – 20 p.

22. Patent № 9,856,603 United States Patent, Current CPC Class: D21F 11/006  
 (20130101); D21F 11/145 (20130101); D21F 1/76 (20130101); D21F 5/18  
 (20130101). Process for production of a fibrous pulp web /Anzel; Andreas  
 (Graz, AT), Gissing; Klaus (Judendorf-Strassengel, AT), Scherb; Thomas  
 (Sao Paulo, BR), Mausser; Wilhelm (Graz, AT); Assignee: ANDRITZ AG  
 (Graz, AT) (US) – № US 9,856,603; Appl. No.: 15/283,636; Filed: October 3,  
 2016. Publication Date: Apr 6, 2017. – 20 p.

23. Patent № 20100065234 United States Patent Application Publication,  
 Current CPC Class: D21F 3/00 (2006.01); D21F 11/00 (2006.01); B23P  
 23/00 (2006.01). Structuring belt, press section and tissue papermaking  
 machine for manufacturing a high bulk creped tissue paper web and method  
 therefore/ Inventors: Ingvar Berndt Erik Klerelid Karlstand (SE); Ola  
 Thomasson, Rottneros (SE); Assignee: Ingvar Berndt Erik Klerelid Karlstand  
 (SE); Ola Thomasson, Rottneros (SE); – Appl. No.: 12/561,840; Filed: Sep. 17,  
 2009. Publication Date: Mar. 18, 2010. – 30 p.

24. Шульман, Г.З. Сеточная часть бумагоделательных и  
 картоноделательных машин. Расчет основных узлов: учебное пособие/  
 Г.З. Шульман, Н.В. Евдокимов. – ВШТЭ СПбГУПТД – СПб., 2016. – 53  
 с.

25. Куров, Н.Н. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли.  
 Бумаго- и картоноделательные машины: Учеб. Пособие / Под ред. В.С.  
 Курова, Н.Н. Кокушина. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2006. – 588 с.

26. Швецов, Ю.Н., Расчет основных параметров бумаго- и  
 картоноделательных машин: учебно-методическое пособие / сост. Ю.Н.  
 Швецов, Э.А. Смирнова. – ГОУВПО СПбГТУЗП. – СПб., 2009. – 64 с.

27. Офіційний сайт компанії «Systemax» [Електронний ресурс]. – Режим  
 доступу: <https://systemax.com.ua/g32952554-aimm-aim->

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

vzryvozaschischennyj

- 28.Писаренко, Г. С. Сопротивление материалов: Учебник для вузов / Под общ. ред. акад. АН УССР Г.С. Писаренко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа. Головное изд-тво, 1979. – 696 с.
- 29.Жидецький, В.Ц. Практикум із охорони праці [Текст]: Навчальний посібник. / В.Ц.Жидецький, В.С Джигірей та інші. – Львів: Афіша, 2000 – 352 с.
30. Уральский, А.В. Пособие по охране труда на целлюлозно-бумажных предприятиях / А.В.Уральский, П.И. Маряшев. – М., «Лесная промышленность», 1978. – 136 с.
- 31.Малинский, И.З. Ремонт и монтаж оборудования целлюлозно-бумажного производства / И.З. Малинский. – М., «Лесная промышленность», 1975. – 344 с.
- 32.Кокушин, Н.Н. Монтаж и ремонт целлюлозно-бумажного оборудования / Н.Н. Кокушин – М., Экология. 1991 г. – 209 с.
- 33.Задольский, А.М. Методичні вказівки для виконання економічної частини диплому спеціалістів / А.М. Задольский. Київ: КПП, 2012 р. – 82 с.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Документація до патентного дослідження

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Регламент пошуку № ЛБ51.01РП

Найменування теми: Модернізація формуючого пристрою папероробної машини

Шифр теми: ЛБ51.705411.001

Етапи: Проектування конструкції та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:

ЛБ51.01, 22.04.2019

Предмет пошуку – формуючий пристрій ПРМ, формуючий вал формуючого.

Мета пошуку інформації – визначення патентоспроможності проектованої конструкції та визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Російська Федерація, СРСР, Німеччина, Китай.

Термін дії патенту на винахід в Україні – 10 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2009 – 2019.

Класифікаційні індекси:

- міжнародна патентна класифікація: D21F 1/00, D21F 1/48, D21F 3/10 (2006.01).

- уніфікована десяткова класифікація: УДК 676.056, 676.056.23/.27, 676.056.23, 676.056.32.

Джерела інформації:

- патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України та відкритих патентних відомств США, Російської Федерації, Німеччини, Китаю.

- науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з проектування обладнання папероробних виробництв.

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Ар.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А.1 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їх дії
Відсмокту- вальний вал формуючої частини ПРМ	Пат.100184. Україна. МПК D21F 3/10 (2006.01) /Марчевський Віктор Миколайович,Процак Анна Сергіївна; заявник і власник Марчевський Віктор Миколайович;Процак Анна Сергіївна, 10.07.2015, Бюл.№ 13.	Діє
Формуючий пристрій ПРМ	Пат. № 2010120644/12 , Российская Федерация, МПК (2006.01) D21F 3/02, D21F 7/08 (2006.1), D21F 27/02. Структурирующая лента для изготовления бумажных салфеток/ Клерелид Ингавар, Томассон Ола, Аберг Бо-Кристен, Джонсон Кери П., ЛаФонд Джон Дж.; власники Олбани Интернешнл корп.– RU2407838C2; заявл. 27.12.2011; публ. 20.06.2014, Бюл. № 17. – 4с.	Діє
Формуючий пристрій ПРМ	Patent № 4526389 Japan, Current CPC Class:D21F 9/02 (2006.01); D21F 1/52 (2006.01); Formation of a paper or paperboard web in a twin wire section of a twin-wire former or formers/ Inventor アーウィン, ジェフリー, シーアンティライネン, サミオデル, ミカエルコルホネン, ハンヌプーラティネン, アリポイ コライネン, アンティ – № JP 4526389;Appl. No.: 9; Filed: 2010.6.11. Publication Date:2010.8.18. – 20 p.	Діє
Формуючий пристрій ПРМ	Patent № 9,856,603 United States Patent, Current CPC Class: D21F 11/006 (20130101); D21F 11/145 (20130101); D21F 1/76 (20130101); D21F 5/18 (20130101). Process for production of a fibrous pulp web / Anzel; Andreas (Graz, AT), Gissing; Klaus (Judendorf-Strassengel, AT), Scherb; Thomas (Sao Paulo, BR), Mausser; Wilhelm (Graz, AT); Assignee: ANDRITZ AG (Graz, AT) (US) – № US 9,856,603; Appl. No.: 15/283,636; Filed: October 3, 2016. Publication Date: Apr 6, 2017. – 20 p.	Діє

Продовження таблиці А.1

Формуючий пристрій ПРМ	Patent № 20100065234 United States Patent Application Publication, Current CPC Class: D21F 3/00 (2006.01); D21F 11/00 (2006.01); B23P 23/00 (2006.01). Structuring belt, press section and tissue papermaking machine for manufacturing a high bulk creped tissue paper web and method therefore/ Inventors: Ingvar Berndt Erik Klerelid Karlstand (SE); Ola Thomasson, Rottneros (SE); Assignee: Ingvar Berndt Erik Klerelid Karlstand (SE); Ola Thomasson, Rottneros (SE); – Appl. No.: 12/561,840; Filed: Sep. 17, 2009. Publication Date: Mar. 18, 2010. – 30 p.	Діє
------------------------	--	-----

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

1) розроблена конструкція формуючого валу характеризується загальними суттєвими ознаками, що є спільними для проаналізованих прототипів конструкції. Проте суттєво новою є конструкція розроблюваної системи зневоднення паперового полотна.

2) розроблювана система формування та зневоднення паперового полотна на формуючому валу відповідають умовам патентоздатності винаходу (корисної моделі) через те, що:

- усі суттєві ознаки найближчих аналогів не використано у розроблювальному формуючому пристрою папероробної машини;

- згідно із законом України «Про охорону прав на винаходи та корисні моделі» конструкція проектного формуючого вала формуючого пристрою папероробної машини відповідає критерію «винахідницький рівень» та критерію «новизна»;

3) провідними державами у галузі папероробного виробництва є: США, Фінляндія, Німеччина, Японія та Російська Федерація. При цьому запатентовані винаходи й корисні моделі стосуються як формуючого пристрою ПРМ в цілому, так і його окремих вузлів;

					ЛБ51.705411.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

Змн.					
Арк.					
№ докум.					
Підпис					
Дата					
ЛБ51.705411.001 ПЗ					
Арк.	104				

Таблиця А.2 – Регламент пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, МПКЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Відсмоктувальний вал формуючої частини ПРМ	Визначення патенто-спроможності проєктованої конструкції й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці	Україна, США, Канада, Німеччина, Китай, Великобританія, Фінляндія, Польща, Болгарія, Швеція, Франція, Японія.	D21F 1/00, D21F 1/48, D21F 3/10 (2006.01); УДК 676.056, 676.056.23/.27, 676.056.23, 676.056.32.	1999 – 2018	<p>Чичаев В. А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. Т.2. – М.: Лесная промышленность, 1981. – С. 264</p> <p>Фляте, Д.М. Технология бумаги. Учебник для вузов / Д.М.Фляте. – М. Лесн. пром-сть, 1988 – 440 с.</p> <p>Кузов, Н.Н. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли. Бумаго- и картоноделательные машины: Учеб. Пособие / Под ред. В.С. Кузова, Н.Н. Кокушина. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2006. – 588 с.</p>



Таблиця А.3 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Формуючий вал формуючого пристрою ПРМ	Чичаев В. А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства Т.2	М.: Лесная промышленность, 1981. – С. 83
Формуючий вал формуючого пристрою ПРМ	Эйдлин М. Я. Бумагоделательные и отделочные машины	1970. – С. 202-206
Формуючий вал формуючого пристрою ПРМ	Кугушев И. Д. Теория процесса отлива и обезвоживания бумажной массы	М.: Лесная промышленность, 1967. – С. 46-48
Формуючий вал формуючого пристрою ПРМ	Куров, Н.Н. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли. Бумаго- и картоноделательные машины: Учеб. Пособие / Под ред. В.С. Курова, Н.Н. Кокушина. СПб.	Изд-во Политехн. Ун-та, 2006. – 588 с.

ЛБ51.705411.001 ПЗ

Таблиця А.4 – Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності проєктованого об'єкта

ОГД, його складові частини		Прототип		Очікуваний результат	Можливості використання у промисловості
Назва	Сукупність ознак	Бібліографічні дані	Сукупність ознак		
Формуючий пристрій для формування тонкого паперового полотна	а) вакуум-камери; б) перфорована оболонка	Пат. № 2010120644/12 , Российская Федерация, МПК (2006.01) D21F 3/02, D21F 7/08 (2006.1), D21F 27/02. Структурирующая лента для изготовления бумажных салфеток/ Клерелид Ингавар, Томассон Ола, Аберг Бо-Кристен, Джонсон Кери П., ЛаФонд Джон Дж.; власники Олбани Интернешнл корп.– RU2407838C2; заявл. 27.12.2011; публ. 20.06.2014, Бюл. № 17. – 4с.	а)формующий вал; б) гауч-вал в) безкінечна сітка; г) нагрівні плити	Збільшення швидкості та якості видалення води з паперового полотна.	Можливе використання в целюлозно-паперовій, текстильній та хімічній промисловості.

ЛБ51.705411.001 ПЗ

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

106

Арк.

Продовження таблиці А.4 – Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності  
проектованого об'єкта

ОГД, його складові частини		Прототип		Очікуваний результат	Можливості використання у промисловості
Назва	Сукуп-ність ознак	Бібліографічні дані	Сукупність ознак		
Відсмокту-вальний вал	а) вакуум-камери; б) перфоро-вана оболонка	Пат.100184. Україна. МПК D21F 3/10 (2006.01) /Марчевський Віктор Миколайович,Процак Анна Сергіївна; заявник і власник Марчевський Віктор Миколайович;Процак Анна Сергіївна, 10.07.2015, Бюл.№ 13.	а) вакуум-камери; б) перфорована оболонка в) безкінечна сітка; г) ущільнення вакуум-камер д) система очищення внутрішньої оболонки е) панчоха	Зменшення довжини шляху фільтрації і, відповідно, гідравлічного опору фільтрації, зменшення шуму, зменшення маркування картонного полотна.	Можливе використання в целюлозно-паперовій промисловості

ДБ51.705411.001 ПЗ

Продовження таблиці В.4 – Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності  
проектowanego об'єкта

ОГД, його складові частини		Прототип		Очікуваний результат	Можливості використання у промисловості
Назва	Сукупність ознак	Бібліографічні дані	Сукупність ознак		
Формуючий пристрій	а) формуючий вал; б) гауч-вал	Patent № 4526389 Japan, Current CPC Class:D21F 9/02 (2006.01); D21F 1/52 (2006.01); Formation of a paper or paperboard web in a twin wire section of a twin-wire former or formers/ Inventor アーウィン, ジェフリー, シーアンティライネン, サミオデル, ミカエルコルホネン, ハンヌプーラティネン, アリポイコライネン, アンティ – № JP 4526389; Appl. No.: 9; Filed: 2010.6.11. Publication	а) вакуум-камери; б) перфорована оболонка в) безкінечна сітка; г) ущільнення вакуум-камер д) формуючі вали е) відсмоктуючі ящики	Зменшення довжини шляху фільтрації і, відповідно, гідравлічного опору фільтрації, зменшення шуму, зменшення маркування картонного полотна.	Можливе використання в целюлозно-паперовій промисловості

ДП 751.705411.001 ПЗ

Продовження таблиці В.4 – Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності  
проектowanego об'єкта

ОГД, його складові частини		Прототип		Очікуваний результат	Можливості використання у промисловості
Назва	Сукупність ознак	Бібліографічні дані	Сукупність ознак		
Формуючий пристрій	а) формуючий вал; б) формуючі сітки	Patent № 9,856,603 United States Patent, Current CPC Class: D21F 11/006 (20130101); D21F 11/145 (20130101); D21F 1/76 (20130101); D21F 5/18 (20130101). Process for production of a fibrous pulp web / Anzel; Andreas (Graz, AT), Gissing; Klaus (Judendorf-Strassengel, AT), Scherb; Thomas (Sao Paulo, BR), Mausser; Wilhelm (Graz, AT); Assignee: ANDRITZ AG (Graz, AT) (US) – № US 9,856,603; Appl. No.: 15/283,636; Filed: October 3, 2016. Publication Date: Apr 6, 2017. – 20 p.	а) формуючий вал; б) безкінечні сітки; в) гауч-вал	Інтенсифікація процесу виробництва волокнистого целюлозного полотна шляхом застосування конструкції трикамерного відсмоктувального валу	Можливе використання в целюлозно-паперовій промисловості

ДБ51.705411.001 ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

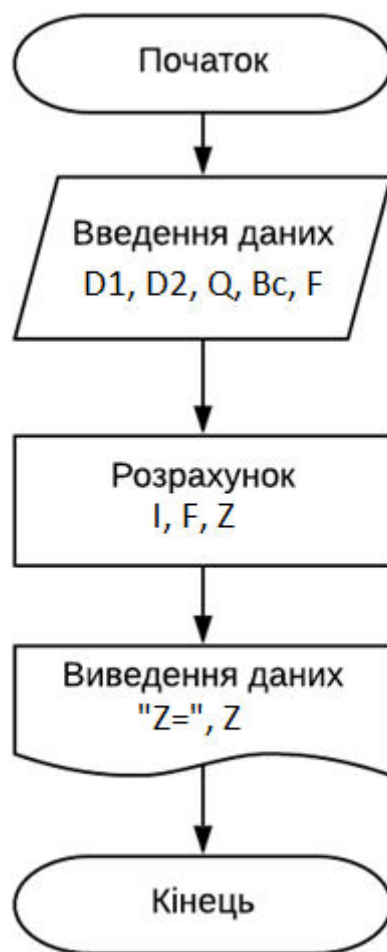
JIB51.705411.001 ПЗ	
Апр.	110

Додаток Б

Програма розрахунку формуючого вала на жорсткість

					ЛБ51.705411.001ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Б.1 Алгоритм розрахунку формуючого вала на жорсткість





Ідентифікатори, використані в розрахунку наведені в таблиці Б.1.

Б.1 - Таблиця ідентифікаторів

Назва	Позначення	Розмірність	Ідентифікатор
Зовнішній діаметр оболонки вала	$D_1$	м	D1
Внутрішній діаметр оболонки вала	$D_2$	м	D2
Ширина контакту	$B_c$	м	Bc
Модуль пружності	E	Н	E
Сумарне навантаження на вал	Q	кН	Q
Число пі	$\pi$	-	Pi

## Програма розрахунку формуючого вала на жорсткість

CLS

D1 = 1.5

D2 = 1.47

Bc = 4.7

Q = 84.86

E = 1.5

Pi = 3.14

Z1

I = (Pi \* (D1^4 \* D2^4)) / 64

F = (Q \* Bc^2) / (384 \* E \* I)

Z = F / Bc

PRINT "Z=", Z

END

Результати розрахунку:

$$Z = 3.574 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

					ЛБ51.705411.001ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток В

Патенти, які використані у патентному дослідженні

					ЛБ71.705411.001 ПЗ	Арк.
						115
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **100184**

(13) **U**

(51) МПК

**D21F 3/10** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2015 01427**

(22) Дата подання заявки: **19.02.2015**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **10.07.2015**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **10.07.2015, Бюл.№ 13**

(72) Винахідник(и):

**Марчевський Віктор Миколайович (UA),  
Процак Анна Сергіївна (UA)**

(73) Власник(и):

**Марчевський Віктор Миколайович,  
бульв. Русанівський, 1, кв. 56, м. Київ, 02154  
(UA),  
Процак Анна Сергіївна,  
вул. Івана Лепсе, 83-г, кв. 7, м. Київ-126,  
03126 (UA)**

## (54) ВІДСМОКТУЮЧИЙ ВАЛ

(57) Реферат:

Відсмоктуючий вал містить рухому оболонку, перфоровану отворами, яка обертається, та нерухому відсмоктуючу камеру з поздовжніми і радіальними ущільненнями. На зовнішній поверхні рухомої оболонки розміщена сітка у вигляді панчохи, торці якої закріплені муфтами.

**UA 100184 U**

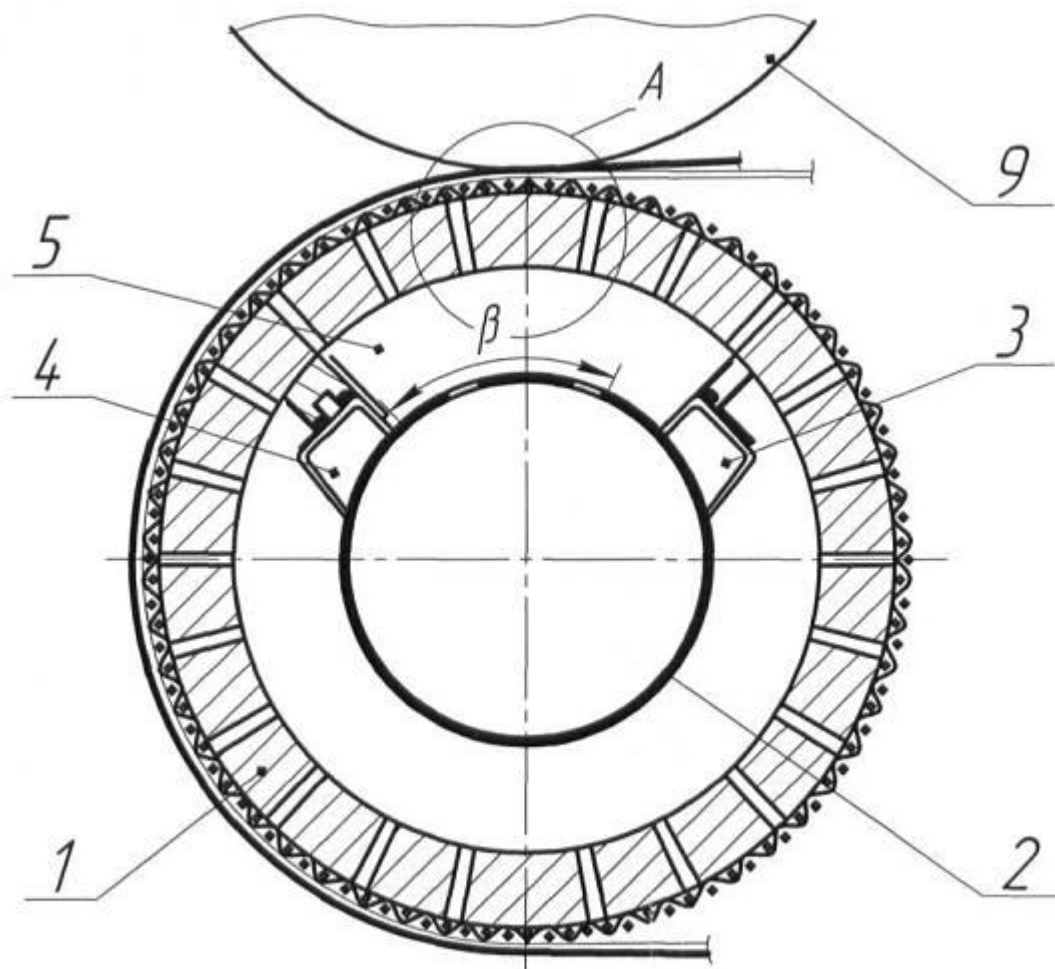


Fig. 1

Корисна модель належить до целюлозно-паперового виробництва, а саме пристроїв видалення рідини із паперового, картонного або іншого полотна, що рухається.

Задача корисної моделі - зменшити довжину шляху фільтрації і, відповідно, гідравлічний опір фільтрації, зменшити шум, зменшити маркування картонного полотна.

5 Відомо відсмоктуючий вал, що вибраний за найближчий аналог [1].

У відомому пристрої задачею винаходу є зниження шуму при роботі вала.

До недоліків відомого пристрою можна віднести:

- шум при роботі вала;

- маркування полотна отворами рухомої оболонки;

10 - фільтрація води з паперового полотна до отворів оболонки здійснюється через пресове полотно, що створює великий гідравлічний опір.

Поставлена задача корисної моделі - удосконалити відомий відсмоктуючий вал шляхом усунення указаних недоліків.

15 Поставлена задача вирішується тим, що на зовнішню поверхню вала одягається сітчаста панчоха, яка зафіксована термоусадкою, торці якої закріплені термоусадочними муфтами.

На фігурі 1 показано схему відсмоктуючого вала; на фігурі 2 показано розріз А на фігурі 1.

Відсмоктуючий вал складається з рухомої оболонки вала - 1 перфорованої отворами, нерухомої відсмоктуючої камери - 2 з ущільненнями: першим - 3 і другим - 4; камери відсмоктування - 5; сітки у вигляді панчохи - 6. Відсмоктуючий вал контактує з пресовим сукном - 7 та картонним полотном - 8, що стискаються пресовим валом - 9; потік води - 10.

20 Пристрій працює таким чином:

Полотно волокнистого матеріалу (картону) 8 переміщується пресовим сукном 7 на оболонці вала 1, проходячи над відсмоктуючою камерою 5, в якій підтримується вакуум. Під дією градієнта тиску, що створюється вакуумом і тиском вала 9 з картонного полотна потік води 10 фільтрується в сукно, перпендикулярно якому проходить в сітку і далі по поверхні оболонки надходить в її отвори. Через отвори, вода потрапляє в відсмоктуючу камеру. З відсмоктуючої камери вода з повітрям відсмоктується в вакуумну систему.

25 Потік повітря, який проходить в отвори оболонки розділяється сіткою на тонкі струмені, що зменшує шум при роботі вала.

30 Сітка перекриває отвори, що запобігає маркуванню полотна.

Основну довжину шляху фільтрації вода з паперу проходить до отворів оболонки через сітку, яка створює дуже малий гідравлічний опір (в 20 раз менший за опір, що створює сукно).

Зменшення гідравлічного опору збільшує швидкість фільтрації води і, відповідно, збільшується сухість полотна після пресу.

35 Таке виконання запропонованого пристрою дозволяє зменшити час фільтрації в сукні і, відповідно, гідравлічний опір фільтрації, зменшить шум, а також зменшить маркування полотна.

Джерело інформації:

1. Опис винаходу до патенту WO 139661 A1 D21F3/10, опубл. 15.04.2011. Бюл. № 9А, PI - 00130 Helsinki (FI)

40

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Відсмоктуючий вал, що містить рухому оболонку, перфоровану отворами, яка обертається, та нерухому відсмоктуючу камеру з поздовжніми і радіальними ущільненнями, який **відрізняється** тим, що на зовнішній поверхні рухомої оболонки розміщена сітка у вигляді панчохи, торці якої закріплені муфтами.

45 2. Відсмоктуючий вал за п. 1, який **відрізняється** тим, що сітка виготовлена з термоусадочного полімеру.

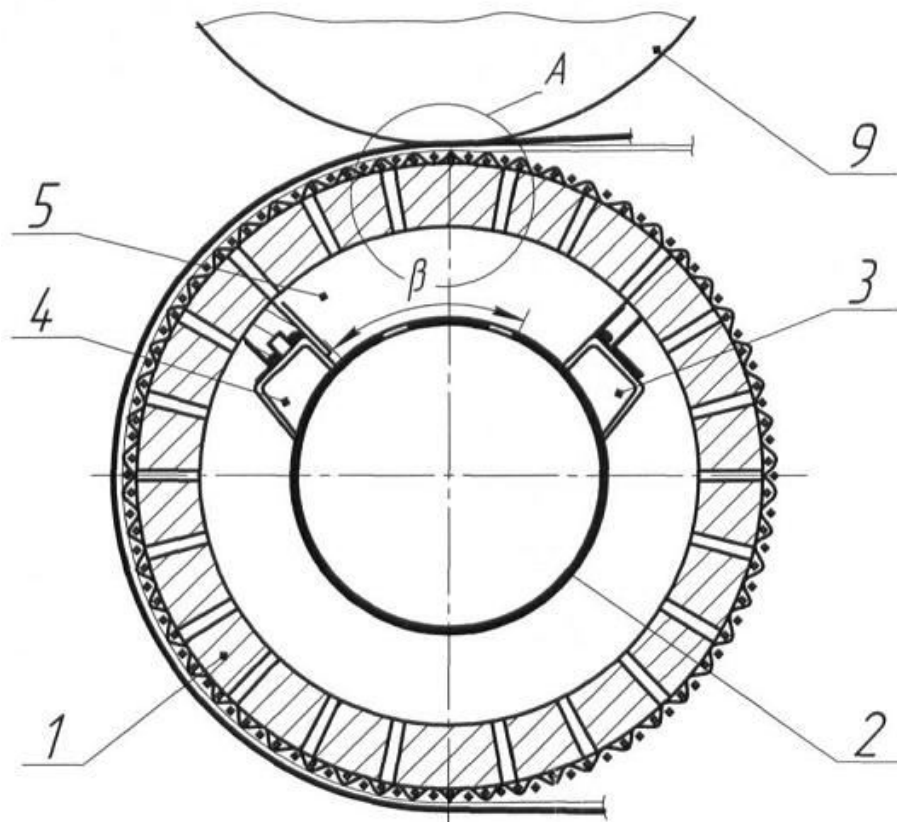


Fig. 1

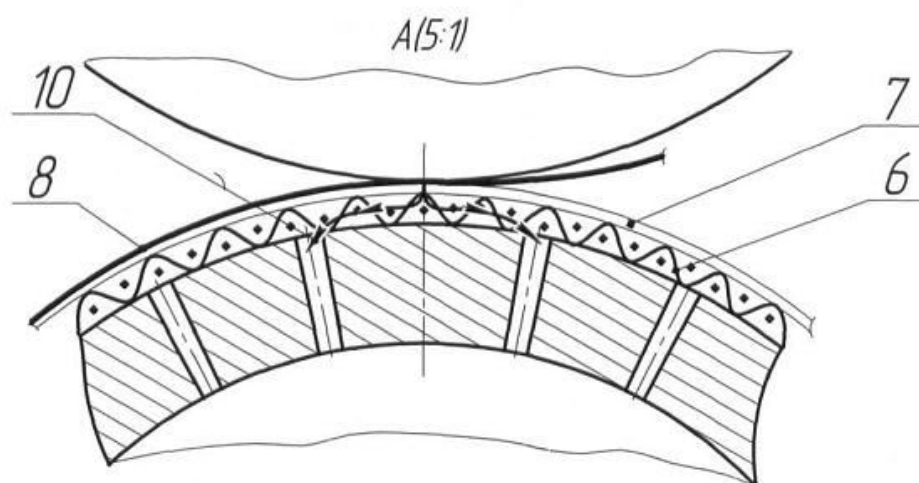


Fig. 2

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2010120644/12, 20.11.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
20.11.2008

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:

20.11.2007 SE 0702543-0;

17.09.2008 SE 0801991-1;

17.09.2008 US 61/097,837

(43) Дата публикации заявки: 27.12.2011 Бюл. № 36

(45) Опубликовано: 20.06.2014 Бюл. № 17

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: (см. прод.)(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 21.06.2010(86) Заявка РСТ:  
SE 2008/051332 (20.11.2008)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2009/067079 (28.05.2009)

Адрес для переписки:

190000, Санкт-Петербург, ВОХ-сервис 1125,  
ООО "ПАТЕНТИКА"

(72) Автор(ы):

Клерелид Ингвар (SE),

Томассон Ола (SE),

Аберг Бо-Кристер (SE),

Джонсон Кери П. (US),

ЛаФонд Джон Дж. (US)

(73) Патентообладатель(и):

ОЛБАНИ ИНТЕРНЕТШНЛ КОРП. (US)

**(54) СТРУКТУРИРУЮЩАЯ ЛЕНТА, ПРЕССОВАЯ ЧАСТЬ И МАШИНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
БУМАЖНЫХ САЛФЕТОК, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛОТНА ДЛЯ  
ТОЛСТЫХ КРЕПИРОВАННЫХ БУМАЖНЫХ САЛФЕТОК, И СООТВЕТСТВУЮЩИЙ СПОСОБ**

(57) Реферат:

Предложен формующий слой формующей ленты для формования волокнистого полотна посредством прессования в прессовой части бумагоделательной машины. Формующий слой выполнен нетканым и имеет сторону, несущую полотно, поверхность которой для обработки волокнистого полотна содержит углубления или выступы, формирующие на поверхности трехмерную структуру. Углубления или выступы распределены по стороне, несущей полотно, и вместе составляют 20-80% указанной поверхности. Каждое углубление или выступ имеет размер в диапазоне 0.25-2.5 мм в первом

направлении в плоскости верхней области поверхности или нижней области поверхности и размер 0.25-2.0 мм во втором направлении в плоскости верхней области поверхности или нижней области поверхности. Причем указанные направления проходят под прямым углом друг относительно друга, а каждое углубление или выступ соответственно имеет среднюю глубину или среднюю высоту  $d$  0.05-0.6 мм, когда формующий слой находится в сжатом состоянии, и площадь  $a$ , равную 0.3-4.0 мм<sup>2</sup> при измерении соответственно в плоскости верхней области



поверхности или нижней области поверхности. При этом формующий слой выполнен водопроницаемым, а углубления и выступы выполнены в указанном формующем слое. Предложенное изобретение обеспечивает

возможность изготовления по технологии прессования полотна санитарно-гигиенической бумаги с высокой пухлостью при малых энергетических затратах. 8 н. и 29 з.п. ф-лы, 18 ил.

(56) (продолжение):

US 20020062936 A1, 30.05.2002; US 5861082 A, 19.01.1999; EP 1959053 A1, 20.08.2008; WO 03078728 A2, 25.09.2003.

R U 2 5 1 9 9 3 0 C 2

R U 2 5 1 9 9 3 0 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 519 930** (13) **C2**

(51) Int. Cl.

*D21F* 3/02 (2006.01)

*D21F* 7/08 (2006.01)

*D21H* 27/02 (2006.01)

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2010120644/12, 20.11.2008

(24) Effective date for property rights:  
20.11.2008

Priority:

(30) Convention priority:

20.11.2007 SE 0702543-0;

17.09.2008 SE 0801991-1;

17.09.2008 US 61/097,837

(43) Application published: 27.12.2011 Bull. № 36

(45) Date of publication: 20.06.2014 Bull. № 17

(85) Commencement of national phase: 21.06.2010

(86) PCT application:  
SE 2008/051332 (20.11.2008)

(87) PCT publication:  
WO 2009/067079 (28.05.2009)

Mail address:

190000, Sankt-Peterburg, VOKh-servis 1125, OOO  
"PATENTIKA"

(72) Inventor(s):

Klerelid Ingvar (SE),

Tomasson Ola (SE),

Aberg Bo-Krister (SE),

Dzhonson Keri P. (US),

LaFond Dzhon Dzh. (US)

(73) Proprietor(s):

OLBANI INTERNESHNL KORP. (US)

(54) **STRUCTURE-FORMING TAPE, PRESS PART AND PAPER NAPKIN MAKING MACHINE FOR PRODUCTION OF WEB FOR THICK CREPE NAPKINS AND PROCESS TO THIS END**

(57) Abstract:

FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention covers forming ply of forming tape for forming fibrous web by compaction of said web at paper making machine press part. Non-woven forming ply has side bearing the web with surface comprises recesses or ledges for processing fibrous web to create surface 3D structure. Said ledges or recesses are distributed over web bearing side to make 20-80% of said surface. Every recess or ledge features size of 0.25-2.5 mm in first direction of the surface upper area plane or surface lower area and size of 0.25-2.0 mm in second direction at surface upper area plane

or surface lower area. Note here that said directions extend at right angle to each other. Note also that every recess or ledge feature mean depth or mean height of d 0.05-0.6 mm when forming layer is compacted. Also it features area a equal to 0.3-4.0 mm<sup>2</sup> at measurement made at surface upper area plane or surface lower area. Note also that forming ply is water-permeable while recess and ledges are made at said ply.

EFFECT: production of plump hygienic paper, power savings.

37 cl, 18 dwg

Настоящее изобретение относится к формующему слою в соответствии с ограничительной частью п.1 формулы изобретения и к формующей ленте в соответствии с ограничительной частью п.10 формулы изобретения. Настоящее изобретение также относится к прессовой части в соответствии с ограничительной частью п.15 формулы изобретения и к бумагоделательной машине для изготовления санитарно-гигиенической бумаги в соответствии с ограничительной частью п.18 формулы изобретения.

Изобретение также относится к способу изготовления сформованного полотна санитарно-гигиенической бумаги с высокой пухлостью и к такому полотну.

Кроме того, изобретение относится к способу усовершенствования существующей бумагоделательной машины для изготовления санитарно-гигиенической бумаги.

Термин «санитарно-гигиеническая бумага», используемый в настоящем описании, относится к мягкой бумаге с базовым весом обычно менее  $25 \text{ г/м}^2$ . Полотно санитарно-гигиенической бумаги формирует бумагу-основу для некоторых однослойных и многослойных изделий, например салфеток, полотенец и рулонов туалетной бумаги.

Для производителей санитарно-гигиенической бумаги желательно производить изделия с высокой пухлостью и значительной мягкостью. В то же время энергетические затраты на изготовление таких изделий оказываются значительными.

Для изготовления крепированной санитарно-гигиенической бумаги существуют два способа обезвоживания сформованного мокрого бумажного полотна на основе целлюлозных волокон, применяемые до его высушивания и крепирования на американском сушильном барабане. В экономически предпочтительной технологии бумажное полотно, размещенное на войлоке, обезвоживают в одном или двух прессовых зажимах с валами, размещенными напротив американского сушильного барабана. Этот способ позволяет получить санитарно-гигиеническую бумагу с относительно низкой пухлостью без четкой структуры на поверхности. Другим способом является сквозная сушка воздухом, согласно которой бумажное полотно обезвоживают в вакууме, а затем высушивают сквозной сушкой воздухом до подачи на американский сушильный барабан для окончательного высушивания и крепирования. Сквозная сушка воздухом позволяет получить высокую пухлость и четкую структуру, но требует по меньшей мере вдвое больше энергии для изготовления тонны бумаги.

Было предложено использовать пресс с увеличенным прессовым зажимом, размещенным напротив американского сушильного барабана, для улучшения качества санитарно-гигиенической бумаги. Задачей являлось получение лучшего качества и более высоких пухлости и мягкости в сравнении со стандартными способами. Было установлено, что можно получить некоторое улучшение, однако при этом изделие в большей степени аналогично стандартному изделию, чем изделию, изготовленному по технологии сквозной сушки воздухом. Толщина или пухлость бумаги являются существенными в отношении способности бумаги впитывать воду, а также в отношении ощущения тканевой структуры и мягкости. Таким образом, технология сквозной сушки воздухом все еще превосходит технологию прессования в отношении качества бумажного полотна, однако имеет значительный недостаток, состоящий в том, что она требует больших энергетических затрат, чем в случае с технологией прессования.

Были предложены бумагоделательные машины, использующие технологию прессования для одновременного обезвоживания и формования бумаги при помощи формующей одежды. Обезвоживание и формование осуществляют по меньшей мере в одном прессовом зажиме во время транспортировки бумажного полотна от войлока к формующей одежде. Затем бумажное полотно, размещенное на формующей одежде, транспортируют к американскому сушильному барабану при помощи прессового вала,

обеспечивающего исключительно транспортировку бумажного полотна. В качестве формирующей одежды такого типа могут использоваться ленты или ткани. Настоящее изобретение относится к формирующей ленте, т.е. нетканой формирующей одежде. Это означает, что трехмерные структуры получают не при помощи текстильного материала, а другими средствами. Пухлость бумаги поддерживается благодаря подаче волокнистой сетки в углубления ленты, что позволяет предотвратить сжатие волокнистой сетки при обезвоживании в прессовом зажиме.

Выражение «формование» бумаги, используемое в настоящем описании, относится к выделке трехмерной структуры формирующего слоя в мокром волокнистом полотне при прессовании, когда волокнистая сетка заполняет трехмерную структуру формирующей ленты, и к тому факту, что волокна в мокром волокнистом полотне являются подвижными друг относительно друга и могут переходить в новые предпочтительные положения друг относительно друга под действием упруго сжимаемого прессового войлока, прессующего мокрое волокнистое полотно в трехмерную структуру формирующей ленты, что в совокупности приводит к увеличению пухлости и мягкости при постоянном базовом весе и к улучшению структуры.

В US 6547924 и US 6340413 описаны бумагоделательные машины для изготовления санитарно-гигиенической бумаги, в которых волокнистое полотно переносится на формирующей ленте от последней прессовой части к сушильному цилиндру. Однако бумагоделательная машина, раскрытая в описании указанного патента, не может производить санитарно-гигиеническую бумагу достаточно высокого качества в соответствии с требованиями и пожеланиями покупателей в настоящее время ввиду наличия проходящих насквозь прессовых зажимов. Кроме того, существуют недостатки, связанные с работоспособностью машины, поскольку прессовый войлок насыщается водой и не может впитывать ее в достаточном количестве в зажиме, что приводит к отрыву бумаги.

Другими примерами бумагоделательных машин для изготовления санитарно-гигиенической бумаги, оснащенных гофрирующими или формирующими одедами, являются EP 1078126, EP 0526592, US 6743339, EP 1075567, EP 1040223, US 5393384, EP 1036880 и US 5230776.

В результате проведения всестороннего исследования авторами настоящего изобретения было отмечено, что структура слоя формирующей ленты, находящаяся в контакте с полотном при прессовании, играет важную и, возможно, ключевую роль с точки зрения получения санитарно-гигиенической бумаги с большей пухлостью, чем до настоящего времени было возможно получить в бумагоделательной машине по технологии прессования, и структура этого слоя может также использоваться в качестве параметра для контроля свойств скольжения полотна за зажимом и получения высокой сухости полотна в связи с прессованием в прессовой части, в которой в действительности происходит формование мокрого волокнистого полотна.

Задачей настоящего изобретения является обеспечение возможности изготовления по технологии прессования полотна санитарно-гигиенической бумаги с пухлостью по меньшей мере  $8\text{--}20\text{ см}^3/\text{г}$ , например по меньшей мере  $10\text{--}16\text{ см}^3/\text{г}$ , сравнимой с пухлостью бумаги, полученной по технологии сквозной сушки воздухом, т.е.  $12\text{--}20\text{ см}^3/\text{г}$ , при малых энергетических затратах. Следует отметить, что стандартная санитарно-гигиеническая бумага, изготовленная по технологии прессования, обычно имеет пухлость в диапазоне  $5\text{--}9\text{ см}^3/\text{г}$ . Низкие энергетические затраты достигаются благодаря тому, что использование предлагаемой ленты позволяет получить высокую сухость волокнистого

полотна после прессовой части в диапазоне 40-50%. Высокая сухость, в свою очередь, означает, что необходимо испарять меньшее количество воды с высушиваемой поверхности на последующем этапе высушивания, что приводит к экономии энергии. Таким образом, энергоемкая технология сквозной сушки воздухом может не

5 использоваться.

Высокая пухлость полотна санитарно-гигиенической бумаги существенна для впитывающей способности полотна. После изготовления полотна санитарно-гигиенической бумаги может скручиваться в готовые изделия, состоящие из нескольких слоев, такие как косметическая бумага, салфетки, полотенца и туалетная бумага.

10 Качество этих изделий определяется помимо прочего впитывающей способностью изделий и тем, насколько мягкими изделия представляются покупателям.

Вышеуказанная задача решается настоящим изобретением посредством формующего слоя формующей ленты согласно отличительной части пункта 1 формулы изобретения.

Настоящее изобретение описано со ссылками на прилагаемые чертежи.

15 На фиг.1-10 показаны десять различных бумагоделательных машин с предлагаемой формующей лентой для изготовления санитарно-гигиенической бумаги.

На фиг.11 показана формующая лента согласно первому варианту реализации изобретения.

20 На фиг.12 представлена часть, проходящая через формующую ленту, показанную на фиг.11.

На фиг.13 показан формующий слой формующей ленты согласно второму варианту реализации изобретения.

На фиг.14 показан слой пояса согласно третьему варианту реализации изобретения.

25 На фиг.15 показан формующий слой согласно четвертому варианту реализации изобретения.

На фиг.16 показан формующий слой согласно пятому варианту реализации изобретения.

На фиг.17 показана часть полотна санитарно-гигиенической бумаги, изготовленного при помощи предлагаемой бумагоделательной машины.

30 На фиг.18 показан вид сверху полотна санитарно-гигиенической бумаги, изготовленного при помощи предлагаемой бумагоделательной машины.

35 На фиг.1-10 схематично показаны различные варианты реализации предлагаемой бумагоделательной машины для изготовления полотна санитарно-гигиенической бумаги 1, сформованной посредством прессования без использования сквозной сушки воздухом для предварительного обезвоживания.

Общим для различных вариантов реализации является то, что они содержат мокрую часть 2 для формирования непрерывного бумажного полотна, прессовую часть 3 для обезвоживания и формования полотна и сушильную часть 4 для окончательного высушивания полотна. Мокрая часть 2 каждой бумагоделательной машины согласно 40 показанным вариантам реализации содержит формовочную часть 5, содержащую напорный ящик 6, подающий массу волокон и воду на формующую одежду, формующий вал 7, ограниченный формующей одеждой для частичного обезвоживания полотна, и первую формующую одежду 8, движущуюся в контакте с формующим валом 7 и несущую бумажное полотно. В вариантах реализации согласно фиг.1-8 формовочная 45 часть 5 также имеет вторую формующую одежду 9, т.е. ткань, движущуюся по бесконечной петле вблизи направляющих валов 10 и формующего вала 7 в контакте с первой одеждой 8, для приема струи массы из напорного ящика 6 между указанным ящиком и первой одеждой. Масса обезвоживается при прохождении через одежду 9

для формования сформированного волокнистого полотна Г.

Прессовая часть 3 содержит главный пресс 11, содержащий первый прессовый элемент 12 и второй прессовый элемент 13, образующие между собой прессовый зажим N1. Главный пресс 11 может быть прессовым валом, длинным прессовым зажимом или башмачным прессом (не показаны на чертежах). Прессовая часть 3, кроме того, содержит формующую ленту 14, движущуюся по бесконечной петле вблизи направляющих валов 15 и гладкого передаточного вала 16, соединенного с сушильной частью 4, через прессовый зажим N1 главного пресса 11 в контакте с сформированным волокнистым полотном 1', с целью осуществления обезвоживания и формования сформированного волокнистого полотна 1" при прохождении его через прессовый зажим N1, после чего сформованное волокнистое полотно 1" покидает указанный прессовый зажим N1. Сформованное волокнистое полотно 1" транспортируют посредством формующей ленты 14 к передаточному зажиму N2, размещенному между передаточным валом 16 и сушильным цилиндром 19 сушильной части 4, причем в указанном зажиме N2 осуществляется только транспортировка волокнистого полотна 1" к поверхности сушильного цилиндра 19 без прессования или обезвоживания. В этом случае сушильный цилиндр 19 является американским сушильным барабаном, но возможны также другие типы сушильных частей. Прессовая часть 3, кроме того, содержит прессовый войлок для приема воды 17, эластично формируемый и сжимаемый в направлении Z и движущийся по бесконечной петле вблизи направляющих валов 18 через прессовый зажим N1 главного пресса 11 вместе с формующей лентой 14 и в контакте с сформированным волокнистым полотном 1'. Первый прессовый элемент 12 размещен в петле формующей ленты 14, а второй прессовый элемент размещен в петле второго прессового войлока 17. В вариантах реализации, показанных на фиг. 1-10, прессовые элементы 12, 13 являются прессовыми валами, однако они также могут быть валами, формирующими длинный зажим. Прессовый войлок 17 покидает сформованное волокнистое полотно 1" непосредственно после прохождения через прессовый зажим N1 с целью предотвращения повторного смачивания волокнистого полотна 1".

Непосредственно перед первым направляющим валом 18 за главным прессом 11 на внутренней части прессового войлока 17 размещено распылительное устройство 53 для подачи чистой воды в сужающийся промежуток в форме клина между прессовым войлоком 17 и направляющим валом 18, причем указанная вода, спрессованная в войлок 17, вытесняет грязную воду после прессования в главном прессе 11 из прессового войлока 17 при его прохождении вблизи направляющего вала 18. За следующим направляющим валом 18 на наружной части прессового войлока размещены отсасывающие ящики 54 для удаления воды из прессового войлока.

После передаточного вала 16 и перед главным прессом 11 формующая лента 14 проходит через очистительный пункт 30 для очистки поверхности, соприкасающейся с полотном.

При прохождении через прессовую часть 3 сухость волокнистого полотна 1', 1" переводят от значений в диапазоне 15-30% к значениям в диапазоне 42-52%.

Сушильная часть 4 содержит указанный сушильный цилиндр 19, являющийся в показанных вариантах реализации цилиндром исключительно для сушки, предпочтительно американским сушильным барабаном. В альтернативном варианте реализации сушильная часть может содержать сушильные цилиндры или сушильные ленты, изготовленные на основе металла. Сушильный цилиндр 19, с которым передаточный вал 16 формирует указанный передаточный зажим N2, имеет сушильную

поверхность 20 для высушивания сформованного волокнистого полотна 1".

Крепировальный шабер 21 размещен за сушильной поверхностью 20 для отделения высушенного волокнистого полотна 1" от сушильной поверхности 20 с целью получения сформованного и крепированного полотна санитарно-гигиенической бумаги 1.

- 5 Сушильный цилиндр 19 накрыт колпаком 22. Формующая лента 14 и сформованное волокнистое полотно 1" движутся вместе в передаточном зажиме N2, однако выходят из указанного зажима N2 раздельно, поскольку сформованное волокнистое полотно 1" прилипает и переходит на сушильную поверхность 20 сушильного цилиндра 19. Давление в передаточном зажиме N2, сформированном валом 16 и сушильным
- 10 цилиндром 19, не превышает 1 МПа, вследствие чего в этом зажиме не происходит обезвоживания волокнистого полотна 1". С целью обеспечения перехода волокнистого полотна 1" на сушильную поверхность 20, на указанную сушильную поверхность 20 в месте между крепировальным шабером 21 и передаточным зажимом N2, где сушильная поверхность 20 является свободной, при помощи распылительного устройства 23
- 15 наносится клеящее вещество.

Формовочная часть 5 может быть так называемой С-образной формовочной частью, как показано на фиг.1, 2, 7 и 8, так называемой серповидной формовочной частью, как показано на фиг.3-6, или так называемым грудным отсасывающим валом, как показано на фиг.9 и 10.

- 20 Главный пресс 11 может быть прессовым валом, содержащим два прессовых элемента 12, 13 с гладкой поверхностью или предпочтительно длинным прессовым зажимом, например, башмачным прессом, в котором первый прессовый элемент 12 является гладким валом, а второй прессовый элемент 13 содержит прессовый башмак и бесконечную ленту или кожу, движущиеся через прессовый зажим башмачного пресса
- 25 в скользящем контакте с прессовым башмаком, оказывающим заранее установленное значение давления на внутреннюю часть ленты и на противодействующий вал 12. Таким образом, прессовый башмак содержит устройство, формирующее увеличенный прессовый зажим. В другом предпочтительном варианте реализации главного пресса 11 первый прессовый элемент 12 является гладким противодействующим валом, а
- 30 второй прессовый элемент 13 содержит устройство для формирования увеличенного прессового зажима, содержащее эластичный опорный элемент для прессования в направлении вала. В альтернативном варианте реализации прессовый элемент 13 является гладким валом, а второй прессовый элемент 12 содержит устройство, формирующее увеличенный зажим любого известного в бумажной промышленности
- 35 типа.

- В варианте реализации согласно фиг.1 прессовый войлок 17 главного пресса также используют в качестве первой внутренней формующей одежды 8 формовочной части 5, так что формующий вал 7 также располагается в петле прессового войлока 17. Мокрая часть 2 в этом случае также содержит устройство для предварительного обезвоживания
- 40 24, более конкретно отсасывающее устройство. В этом варианте реализации устройство 24 содержит отсасывающий вал 25, размещенный в петле прессового войлока 17, и паровую камеру 26, размещенную снаружи петли прессового войлока 17 перед отсасывающим валом 25 для нагрева воды волокнистой сетки сформованного волокнистого полотна 1'. Количество воды в волокнистой структуре сформованного
- 45 волокнистого полотна 1' и прессовом войлоке 17 уменьшают при помощи такого отсасывающего вала 25 и паровой камеры 26, так чтобы довести сформованное волокнистое полотно 1' до необходимого увеличения значения сухости перед главным прессом 11. Высоконапорное распылительное устройство 55, т.е. игольчатое

распылительное устройство, диаметр струи которого равен 1 мм, размещено снаружи формующего войлока 8 над формующим валом 7 с целью очистки формующего войлока 8 перед формующим валом 7.

Вариант реализации согласно фиг.2 аналогичен варианту реализации согласно фиг.1, за исключением того, что дополнительно под главным прессом 11 размещено устройство предварительного нагрева 27 для увеличения температуры сформованного волокнистого полотна 1" в прессе 11 до поступления этого полотна 1" на сушильный цилиндр 19.

В варианте реализации согласно фиг.3 формующую ленту 14 также используют в качестве первой формующей одежды 8 формовочной части, так что формующий вал 7 также целиком располагается внутри петли формующей ленты 14. В этом случае прессовый войлок 17 главного пресса 11 движется по одной петле вблизи направляющих валов 28 и второго прессового элемента 13. В качестве направляющего вала, размещенного за вторым прессовым элементом 13, используют отсасывающий вал 29, посредством которого вода удаляется из прессового войлока 17 для увеличения способности прессового войлока 17 распределять относительно большое количество воды, выжатой в зажиме N1. Частным эффектом этого варианта реализации, в котором формующая лента 14 также проходит вблизи формующего вала 7, является то, что волокна массы могут проникать в углубления формующей ленты 14 и выравниваться в направлении Z, так что некоторая часть сформованного волокнистого полотна 1' уже оказывается выровненной в углублениях до начала прессования в главном прессе 11. Таким образом, такое предварительное выравнивание волокон в углублениях является преимуществом для получения высокой пухлости. Непосредственно перед первым направляющим валом 28 за главным прессом 11 на внутренней части прессового войлока 17 размещено распылительное устройство 53 для подачи чистой воды в сужающийся промежуток в форме клина между прессовым войлоком 17 и направляющим валом 28, причем эта вода прессуется в прессовый войлок 17 и вытесняет грязную воду после прессования в главном прессе 11 из прессового войлока 17 при его прохождении вблизи направляющего вала 28. За следующим направляющим валом 28 на наружной части прессового войлока 17 размещены отсасывающие ящики 54 для удаления воды из прессового войлока 17, а также размещено высоконапорное распылительное устройство 55, очищающее прессовый войлок 17 до его поступления на отсасывающий вал 29, обрабатывающий оставшуюся воду в прессовом войлоке 17. Отсасывающий вал 29 удаляет воду из прессового войлока 17 и, таким образом, увеличивает способность прессового войлока поглощать воду в зажиме N1.

Вариант реализации согласно фиг.4 аналогичен варианту реализации согласно фиг.3, за исключением того, что дополнительно размещено устройство для предварительного нагрева 27, соответствующее варианту реализации согласно фиг.2, а также размещена паровая камера 31 на наружной части прессового войлока 17 непосредственно перед отсасывающим валом 29 для увеличения обезвоживающей способности указанного прессового войлока.

В варианте реализации согласно фиг.5 первая внутренняя формующая одежда 8, прессовый войлок 17 и формующая лента 14 имеют собственные петли, причем в качестве формующей одежды 8 используют войлок, проходящий вблизи направляющих валов 18'. Прессовая часть 3 в этом случае содержит предварительный пресс 32, содержащий первый прессовый элемент 33, размещенный в петле прессового войлока 17, и второй прессовый элемент 34, размещенный внутри первой внутренней формующей одежды 8, причем указанные прессовые элементы 33, 34 вместе формируют прессовый зажим N3, через который формующий войлок 8, несущий волокнистое полотно 1',



проходит для соединения с прессовым войлоком 17, который также проходит через указанный прессовый зажим N3 для приема сформованного волокнистого полотна 1' и его транспортировки к главному прессу 11. Таким образом, формирующий войлок 8 также формирует второй прессовый войлок предварительного пресса 32. В качестве направляющего вала, размещенного непосредственно за вторым прессовым элементом 34, используют отсасывающий вал 35, посредством которого вода удаляется из формирующего войлока 8. Паровая камера 36 размещена на наружной части формирующего войлока непосредственно перед отсасывающим валом 35 для более эффективного обезвоживания войлока 8. Непосредственно перед первым направляющим валом 18' за предварительным прессом 32 на внутренней части формирующего войлока 8 размещено распылительное устройство 53' для подачи чистой воды в сужающийся промежуток в форме клина между формирующим войлоком 8 и направляющим валом 18', причем указанная вода прессуется в формирующий войлок 8 и вытесняет грязную воду после прессования в предварительном прессе 32 из формирующего войлока 8 при его прохождении вблизи направляющего вала 18'. За следующим направляющим валом 18' на наружной части формирующего войлока 8 размещены отсасывающие ящики 54' для удаления воды из прессового войлока 8, а также размещено высоконапорное распылительное устройство 55', очищающее формирующий войлок 8 до его поступления на формирующий вал 7.

Вариант реализации согласно фиг.6 аналогичен варианту реализации согласно фиг.5, за исключением того, что дополнительно размещено устройство для предварительного нагрева 27, соответствующее варианту реализации согласно фиг.2.

В варианте реализации согласно фиг.7 первая внутренняя формирующая одежда 8, т.е. формирующая ткань, прессовый войлок 17 и формирующая лента 14 имеют собственные циклы, как в варианте реализации согласно фиг.5. Таким образом, в этом случае формовочная часть 5 является двойной С-образной формовочной частью. В качестве формирующего вала 7 при необходимости можно использовать отсасывающий вал. Прессовая часть 3 в этом случае также содержит предварительный пресс 32, содержащий первый прессовый элемент 33, размещенный в петле прессового войлока 17, и второй прессовый элемент 34, размещенный внутри второго прессового войлока 37, движущегося по циклу вблизи направляющих валов 38, причем направляющий вал, размещенный непосредственно за вторым прессовым элементом 34, представляет собой отсасывающий вал 39, посредством которого вода удаляется из второго прессового войлока 37. Паровая камера 50 размещена на наружной части второго прессового войлока 37 непосредственно перед отсасывающим валом 39 для увеличения обезвоживающей способности прессового войлока 37. Второй прессовый войлок 37 движется в контакте с первой внутренней формирующей тканью 8 для формирования передаточной области, в которой прессовый войлок 37, сформованное волокнистое полотно 1' и формирующая ткань 8 размещены друг на друге. На выходе из передаточной области волокнистое полотно 1' транспортируют посредством второго прессового войлока 37. Отсасывающее устройство 51 может быть размещено в петле второго прессового войлока 37 за передаточной областью для обеспечения транспортировки волокнистого полотна 1'. Непосредственно перед первым направляющим валом 38 за предварительным прессом 32 на внутренней части прессового войлока 37 размещено распылительное устройство 53' для подачи чистой воды в сужающийся промежуток в форме клина между прессовым войлоком 37 и направляющим валом 38, причем указанная вода прессуется в прессовый войлок 37 и вытесняет грязную воду в прессовом войлоке 37 после прессования в предварительном прессе 32 из прессового войлока 37

во время его прохождения вблизи направляющего вала 38. За следующим направляющим валом 38 на наружной части прессового войлока 37 размещены отсасывающие камеры 54' для удаления воды из прессового войлока 37, а также размещено высоконапорное распылительное устройство 55', очищающее прессовый войлок 37 до его поступления к отсасывающему устройству 51.

Вариант реализации согласно фиг.8 аналогичен варианту реализации согласно фиг.7, за исключением того, что дополнительно за главным прессом размещено устройство предварительного нагрева 27, соответствующее варианту реализации согласно фиг.2, для увеличения температуры и сухости бумажного полотна 1".

Вариант реализации согласно фиг.9 аналогичен варианту реализации согласно фиг.7, за исключением того, что мокрая часть 2 в этом случае содержит формовочную часть отличного от вышеупомянутых С-образного и серповидного типов формовочных частей. Формовочная часть согласно фиг.9 представляет собой так называемый грудной отсасывающий вал, содержащий напорный ящик 6, формующий вал 7, т.е. грудной отсасывающий вал и формующее покрытие 8, т.е. формующую ткань, движущуюся в петле вблизи грудного отсасывающего вала 7 и направляющих валов 18 и образующую передаточную область вместе с вторым прессовым войлоком 37 согласно варианту реализации, показанному на фиг.7. Грудной отсасывающий вал 7 содержит отсасывающую область 52, образующую формовочную область, через которую формующая ткань 8 проходит вместе с массой, вытолкнутой в струе из напорного ящика 6 и обезвоженной в формовочной области 52 для формирования сформованного волокнистого полотна 1'.

Вариант реализации согласно фиг.10 аналогичен варианту реализации согласно фиг.9, за исключением того что дополнительно размещено устройство предварительного нагрева 27, соответствующее варианту реализации согласно фиг.2.

В качестве предварительного пресса 32, используемого в вариантах реализации согласно фиг.5-10, можно использовать пресс, выбранный из группы различных прессов, указанных выше для главного пресса 11.

Формующая лента 14 содержит формующий слой 60, формирующий сторону формующей ленты, несущую бумажное полотно. Слой 60 содержит поверхность 61, находящуюся в контакте с полотном и имеющую трехмерную структуру, образованную углублениями 63 в плоской поверхности 61, причем указанные углубления 63 размещены периодически в продольном направлении формующей ленты (машинном направлении) и в направлении, перпендикулярном движению формующей ленты в машине.

Поверхность 61, находящаяся в контакте с полотном, имеет, таким образом, плоскую непрерывную верхнюю область 70, в которой сформированы указанные углубления 63. Таким образом, каждое углубление 63 в поверхности 61, находящейся в контакте с полотном, ограничено указанной непрерывной областью 70. В дополнение к этим углублениям 63 в формующем слое 60 могут быть сформированы другие структуры в форме рисунков или текста.

Все углубления 63 предпочтительно являются идентичными и размещены регулярно. В альтернативном варианте одна формующая лента может содержать по меньшей мере две группы углублений, различающихся конфигурацией углублений при идентичности самих углублений в каждой группе.

В результате проведения исследований было показано, что форма и протяженность углублений 63 являются существенными для работоспособности машины и получения санитарно-гигиенической бумаги хорошего качества, т.е. с высокой пухлостью 8-20 см<sup>3</sup>/г и значительной мягкостью.

Для оптимальной структуры и оптимальной сухости полотна является существенным то, что формующая лента 14 позволяет сформовать мокрое волокнистое полотно 1' в углублениях 63 при прохождении этого полотна 1', заключенного между прессовым войлоком 17 и формующей лентой 14, через прессовый зажим N1. Также является

5 существенным то, что прессовый войлок 17 может проникать при прессовании внутрь всех углублений 63 для создания достаточно большого гидравлического давления, так что вода в мокром волокнистом полотне 1' может переходить в прессовый войлок 17 по окончании прессования. Углубления 63 должны быть достаточно большими, для того чтобы прессовый войлок 17 мог проникать в эти углубления 63. Каждое углубление

10 63 должно иметь оптимальную глубину, при которой вода может выводиться из основания углублений 63. Другими словами, глубина углублений 63 не должна быть слишком большой, поскольку чрезмерная глубина будет препятствовать созданию необходимого гидравлического давления.

Формующий слой 60 с такой специальной конфигурацией формующей поверхности 61, находящейся в контакте с полотном, является важным параметром для контроля за структурой, толщиной/пухлостью и сухостью, ожидаемых в сформованном и обезвоженном волокнистом полотне 1" за прессовым зажимом N1 после окончательного высушивания. Принимается, что давление в прессовом зажиме N1 находится в

15 нормальном диапазоне, обычном при прессовании, как правило, не больше 6 МПа, и используется стандартный упруго сжимаемый прессовый войлок 17, который в дополнение к его способности при сжатии поглощать воду формируется в поверхность формующего слоя, находящуюся в контакте с волокнистым полотном, размещенным между ними вышеупомянутым образом и в вышеупомянутых целях.

Каждое углубление 63 имеет заранее установленный размер l в машинном направлении формующего слоя 60 и заранее установленный размер b в направлении

25 поперек движения ленты 14 в машине. Углубления 63 могут быть выровнены в машинном направлении, чему соответствует  $l > b$ , или в направлении поперек движения указанной ленты в машине, чему соответствует  $l < b$ . Однако предпочтительно углубления 63 выровнены по существу в машинном направлении, что позволяет получить лучшее

30 крепирование и более мягкую санитарно-гигиеническую бумагу. Следует отметить, что текстильная формующая одежда обычно имеет структуру, выровненную в машинном направлении.

Каждое углубление 63 имеет заранее установленные глубину d, площадь a и объем v. Глубина d углублений может быть постоянной по существу во всем углублении 63.

35 В этом случае углубление 63 имеет плоскую нижнюю поверхность 71, параллельную области 70. В альтернативном варианте глубина d может изменяться на поверхности углубления 63, а в качестве характеристики протяженности углубления 63 в направлении z предпочтительно используют среднюю глубину d.

Углубления 63 размещены на заранее установленном расстоянии друг от друга, так

40 что они оказываются равномерно распределены по поверхности 61, находящейся в контакте с полотном, и покрывают его заранее установленную часть. Таким образом, вышеуказанная непрерывная верхняя область 70, ограничивающая углубления 63 и составляющая часть поверхности 61, находящейся в контакте с полотном, а также с сушильной поверхностью 20 при транспортировке волокнистого полотна 1" на

45 сушильный цилиндр 19, составляет оставшуюся часть поверхности 61, находящейся в контакте с полотном.

Таким образом, вышеуказанные параметры должны сочетаться для получения хорошей работоспособности машины и хорошего качества санитарно-гигиенической

бумаги 1. В результате проведения исследований было показано, что для этого необходимо выполнение следующих условий:

l, мм	b, мм	d, мм	a, мм <sup>2</sup>	v, мм <sup>3</sup>
0.25-2.5	0.25-2.0	0.05-0.6	0.3-0.4	0.05-1.0

Вышеуказанное значение a должно быть измерено в плоскости верхней области 70. При этом в результате проведения исследований было показано, что a должно быть выбрано в диапазоне 0.5-2.0 мм<sup>2</sup>.

Ясно, что формующая лента 14 сжимается при прохождении через зажим N1 между прессовыми элементами 12 и 13. Вышеуказанный диапазон для глубины d подходит в случае, если лента и, следовательно, углубления 63 находятся в сжатом состоянии, т.е. когда лента 14 проходит через зажим N1. Давление пресса в этом зажиме обычно не превосходит 6 МПа. Под сжатым состоянием формующей ленты 14 подразумевается то, что к ней приложено максимальное давление, равное 6 МПа. Таким образом, углубления 63 в несжатом состоянии могут иметь глубину d, большую 0.6 мм, но в сжатом состоянии, т.е. в зажиме N1, глубина d не должна превосходить 0.6 мм. В случае если глубина углублений 63 является различной, значение d относится к средней глубине углубления. Однако наибольшая глубина углубления не должна превосходить 0.6 мм, когда углубление находится в сжатом состоянии.

В дополнение к вышеупомянутым значениям параметров углубления должны в совокупности покрывать от 20% до 80% от всей поверхности 61, находящейся в контакте с полотном.

Крепированная и скрученная санитарно-гигиеническая бумага со следующими свойствами может быть изготовлена в бумагоделательной машине для изготовления санитарно-гигиенической бумаги, оснащенной вышеописанными лентой и слоем:

Базовый вес 10-50 г/м<sup>2</sup>

Толщина 160-400 мкм, предпочтительно 200-300 мкм

Пухлость 8-20 см<sup>3</sup>/г

Прочность на растяжение в машинном направлении 50-300 Н/м

Прочность на растяжение в направлении поперек движения формующей ленты в машине 30-250 Н/м

Мягкость 70-90

Вышеприведенные значения относятся к бумаге, находящейся при температуре 20° и атмосферной влажности 50%. Значение мягкости измеряется в соответствии с шкалой от 0 до 100 согласно ЕМТЕС TSA. Вышеприведенные значения пухлости и мягкости должны быть сравнимы со значениями для стандартной крепированной бумаги, имеющей пухлость в диапазоне 5-9 см/г и мягкость в диапазоне 50-70.

Более конкретно, санитарно-гигиеническая бумага, в частности косметическая бумага, туалетная бумага и хозяйственная бумага, может быть изготовлена на предлагаемой бумагоделательной машине для изготовления санитарно-гигиенической бумаги со следующими свойствами:

	Косметическая бумага	Туалетная бумага	Хозяйственная бумага
Базовый вес, г/м <sup>2</sup>	13-15	15-25	18-23
Пухлость, см <sup>3</sup> /г	10-13	10-15	10-14
Прочность на растяжение в машинном направлении, Н/м	70-120	50-150	170-300
Прочность на растяжение в направлении поперек движения формующей ленты в ма-	50-100	30-100	170-300

шине, Н/м			
-----------	--	--	--

На фиг.11 показан первый вариант реализации предлагаемой формующей ленты 14 с предлагаемым формующим слоем 60, содержащим упрочняющие средства 57 и размещенным на слое износа 58. На фиг.12 показан частичный вид этой ленты 14 в поперечном сечении в машинном направлении. Поверхность 61 слоя 60, находящаяся в контакте с полотном, содержит параллельные ряды идентичных углублений 63, проходящих в машинном направлении ленты 14. Смежные ряды 72 удалены друг от друга в машинном направлении на расстояние, приблизительно равное половине длины углубления. Каждое углубление 63 по существу имеет кубическую форму с цилиндрическими концами и проходит в машинном направлении ленты 14. Нижняя поверхность 71 каждого углубления 63 является плоской и параллельна непрерывной верхней области 70. Боковые стенки 73 углубления 63 образуют угол, по существу равный  $90^\circ$ , относительно нижней поверхности 71 углубления. Размер  $l$  углублений 63 в машинном направлении может составлять 2.0 мм, а их размер  $b$  в направлении поперек движения формующей ленты в машине может быть равным 1.0 мм. Глубина  $d$  составляет 0.3 мм. Площадь  $a$  углублений 63 находится в диапазоне 0.3-4.0 мм<sup>2</sup>, предпочтительно 0.5-2 мм<sup>2</sup>, например приблизительно 1.8 мм<sup>2</sup>, а их объем  $v$  находится в диапазоне 0.05-1.0 мм<sup>3</sup>, предпочтительно приблизительно 0.54 мм<sup>3</sup>. Расстояние между двумя смежными углублениями 63 в машинном направлении составляет приблизительно 1.0 мм.

Расстояние между двумя смежными рядами 72 углублений 63 в направлении поперек движения формующей ленты в машине составляет приблизительно 0.5 мм. Углубления 63 покрывают приблизительно 40% поверхности 61, находящейся в контакте с полотном.

На фиг.13 показан второй вариант реализации предлагаемого формующего слоя 60 формующей ленты 14. Формующий слой 60 формующей ленты 14 содержит углубления 63, по существу той же формы и размещенные тем же образом, что и углубления, описанные выше. В этом случае углубления 63 имеют размер  $l$  в машинном направлении, равный 1.0 мм, размер  $b$  в направлении поперек движения ленты в машине 0.5 мм, глубину  $d$  0.3 мм, площадь  $a$  приблизительно 0.3-4.0 мм<sup>2</sup>, например 0.45 мм<sup>2</sup>, и объем  $v$  приблизительно 0.09 мм<sup>3</sup>. Расстояние между двумя смежными углублениями 63 в машинном направлении составляет приблизительно 0.5 мм. Расстояние между двумя смежными рядами 72 углублений 63 в направлении поперек движения ленты в машине составляет приблизительно 0.5 мм.

На фиг.14 показан третий вариант реализации предлагаемого формующего слоя, также содержащего углубления 63, по существу той же формы и размещенные тем же образом, что углубления, описанные выше со ссылкой на фиг.11. В этом случае углубления 63 имеют несколько больший размер, чем углубления, показанные на фиг.13, а именно размер  $l$  в машинном направлении, равный 0.5 мм, размер  $b$  в направлении поперек движения ленты в машине, равный 1.0 мм, глубину  $d$  0.4 мм, площадь  $a$  приблизительно 1.3 мм<sup>2</sup> и объем  $v$  приблизительно 0.51 мм<sup>3</sup>. Расстояние между двумя смежными углублениями 63 в машинном направлении составляет приблизительно 0.5 мм. Расстояние между двумя смежными рядами 72 углублений 63 в направлении поперек движения ленты в машине составляет приблизительно 0.5 мм.

На фиг.15 показан еще один вариант реализации предлагаемого формующего слоя. В этом случае углубления 63 выполнены по существу в форме прямоугольных параллелепипедов или кубов со скругленными внутренними углами. Углубления 63 размещены рядами 72, проходящими в направлении поперек движения ленты 14 в

машине. В этом варианте реализации углубления 63 имеют размер l в машинном направлении, равный 2.0 мм, размер b в направлении поперек движения ленты 14 в машине 2.0 мм, глубину d 0.2 мм, площадь a, равную приблизительно  $3.9 \text{ мм}^2$ , и объем  $v$ , равный приблизительно  $0.79 \text{ мм}^3$ . Расстояние между двумя смежными углублениями 63 в машинном направлении составляет приблизительно 1.0 мм. Расстояние между двумя смежными рядами 72 углублений 63 в направлении поперек движения ленты 14 в машине составляет приблизительно 1.0 мм.

На фиг.16 показан еще один вариант реализации предлагаемого формующего слоя, в котором указанный формующий слой вместо углублений оснащен выступами 62 в форме выступающих частей или «островов», выполненных в плоской непрерывной нижней области 76' поверхности. Значения параметров, указанные выше для формующего слоя с углублениями, также подходят к этому варианту формующего слоя, при условии что за значение d в этом случае принимается высота выступов. В варианте реализации, показанном на фиг.16, выступы 62 имеют форму квадратов, выступающих приблизительно на 0.2 мм от нижней области 76, и имеют несколько закругленные внешние углы. Квадраты составляют приблизительно 1 мм в длину и 1 мм в ширину и размещены рядами, проходящими по диагонали относительно машинного направления формующей ленты 14. Таким образом, выступы имеют размер l в машинном направлении и размер b в направлении поперек движения ленты в машине, приблизительно равные 1.4 мм. Каждый выступ 62 имеет площадь a, приблизительно равную  $0.95 \text{ мм}^2$ , и объем  $v$ , приблизительно равный  $0.5 \text{ мм}^3$ . Таким образом, выступы 62 покрывают приблизительно 42% поверхности 61, находящейся в контакте с полотном. Верхние области 75 поверхности выступов 62 предпочтительно выполнены плоскими, так что они могут соприкасаться с сушильной поверхностью 20 во время транспортировки волокнистого полотна 1" на сушильный цилиндр 19.

Предлагаемый формующий слой предпочтительно изготовлен на основе полимерного материала, например полиуретана, причем углубления 63 или нижняя область 76, предпочтительно сформированные в указанном формующем слое этого материала, вырезаны в поверхности слоя. В альтернативном варианте формующий слой 60 может быть изготовлен на основе другого материала, например, металла или углеродного волокна, и могут использоваться другие способы для формирования углублений или указанной нижней области поверхности. Формующий слой 60 предпочтительно имеет толщину 3-6 мм, но допустима также толщина 0.2-10 мм.

Формующая лента предпочтительно изготовлена водонепроницаемой, как указано для показанных бумагоделательных машин для изготовления санитарно-гигиенической бумаги. В альтернативном варианте формующая лента может быть изготовлена водопроницаемой. Например, формующий слой может быть обработан иглопробиванием и, таким образом, может содержать отверстия. Углубления 63 и/или область 70, ограничивающая углубления, могут быть обработаны иглопробиванием. Аналогично, выступы 62 и/или указанная нижняя область 76 могут быть обработаны иглопробиванием. Иглопробивание формующей ленты означает, что лента содержит небольшие сквозные отверстия, пропускающие только воду, а не бумажные волокна.

Для увеличения срока службы формующая лента 14, как описано выше со ссылкой на фиг.11, может содержать слой износа 58, например, в форме войлочного слоя, размещенного на стороне формующей ленты 14, ориентированной по направлению от волокнистого полотна 1'. Как и формующий слой 60, слой износа 58 может быть обработан иглопробиванием.

Для увеличения прочности формующая лента 14 может содержать упрочняющие средства 57, например, в форме упрочняющих нитей, размещенных внутри слоя 60. В альтернативном варианте упрочняющие средства могут быть сформированы металлической полосой или тканью, размещенными внутри формующего слоя 60.

Таким образом, при помощи предлагаемой ленты 14 можно изготовить санитарно-гигиеническую бумагу, которая после отделения от сушильной поверхности 20 при температуре 20°C и влажности воздуха 50% имеет базовый вес в диапазоне 10-50 г/м<sup>2</sup>, толщину в диапазоне 160-400 мкм, предпочтительно 200-300 мкм, пухлость в диапазоне 8-20 см<sup>3</sup>/г, прочность на растяжение в машинном направлении в диапазоне 50-300 Н/м, прочность на растяжение в направлении поперек движения ленты в машине в диапазоне 30-250 Н/м и мягкость в диапазоне 70-90, полученную при помощи прибора для определения мягкости ткани (EMTEC TSA) по измерительной шкале от 0 до 100.

На фиг.17 показано поперечное сечение полотна санитарно-гигиенической бумаги 1, изготовленного при помощи формующей ленты, содержащей углубления в соответствии с настоящим изобретением. Благодаря трехмерной структуре формующего слоя 60 готовое полотно санитарно-гигиенической бумаги 1 имеет различную толщину, причем указанная толщина больше в тех частях 77, в которых полотно 1 сформировано верхней областью 70, чем в тех частях 78, в которых полотно 1 сформировано углублениями 63 формующей ленты 14.

Волокнистое полотно 1', 1" предпочтительно содержит коротковолокнистый слой и длиноволокнистый слой и транспортируется к сушильной поверхности 20 в передаточном зажиме N2, так что при этом коротковолокнистый слой направлен к сушильной поверхности 20. Таким образом, готовое полотно санитарно-гигиенической бумаги 1 предпочтительно также имеет коротковолокнистый слой на стороне 79, т.е. на стороне, находящейся в контакте с сушильной поверхностью 20, и длиноволокнистый слой на другой его стороне 80, т.е. на стороне, находящейся в контакте с лентой 14. На фиг.18 показана длиноволокнистая сторона 80 волокнистого полотна санитарно-гигиенической бумаги 1.

Изобретение описано выше на примере нескольких вариантов реализации. Однако ясно, что возможны различные другие варианты реализации в пределах объема изобретения. Например, ясно, что возможны другие варианты реализации углублений или выступов, не выходящие за пределы объема изобретения, как заявлено в формуле. Альтернативные варианты этого типа включают в себя, например, круговые, ромбовидные или эллиптические углубления или выступы, продольные оси которых не обязательно ориентированы в машинном направлении или в направлении поперек движения ленты в машине, а могут образовывать с ними острый угол.

#### Формула изобретения

1. Формующий слой (60) формующей ленты (14) для формования волокнистого полотна (1') посредством прессования в прессовой части (3) бумагоделательной машины для изготовления санитарно-гигиенической бумаги с высокой пухлостью (1), причем указанный слой (60) выполнен нетканым и имеет сторону, несущую полотно, поверхность (61) которой для обработки волокнистого полотна (1') содержит углубления (63) или выступы (62), формирующие на поверхности (61) трехмерную структуру, отличающийся тем, что

углубления (63) или выступы (62), соответственно, распределены по стороне, несущей полотно, и вместе составляют 20-80% указанной поверхности (61), причем в случае наличия углублений (63) между ними на указанной поверхности (61) имеется также

плоская верхняя область (70), ограничивающая углубления (63), а в случае наличия выступов (62) указанная поверхность (61) содержит также плоскую нижнюю область (76), ограничивающую выступы (62); каждое углубление (63) или выступ (62) соответственно имеет размер  $l$  в диапазоне 0.25-2.5 мм в первом направлении в плоскости верхней области (70) поверхности или нижней области (76) поверхности и размер  $b$  0.25-2.0 мм во втором направлении в плоскости верхней области (70) поверхности или нижней области (76) поверхности, причем указанные направления проходят под прямым углом друг относительно друга, а каждое углубление (63) или выступ (62) соответственно имеет среднюю глубину или среднюю высоту  $d$  0.05-0.6 мм, когда слой (60) находится в сжатом состоянии, и площадь  $a$ , равную 0.3-4.0 мм<sup>2</sup> при измерении соответственно в плоскости верхней области (70) поверхности или нижней области (76) поверхности, причем формующий слой выполнен водопроницаемым, а углубления и выступы выполнены в указанном формующем слое.

2. Формующий слой (60) по п.1, отличающийся тем, что верхняя область (70) поверхности или нижняя область (76) поверхности изготовлена непрерывной.

3. Формующий слой (60) по п.2, отличающийся тем, что каждое углубление (63) или выступ (62) соответственно имеет площадь  $a$ , равную 0.5-2.0 мм<sup>2</sup> при измерении в плоскости верхней области (70) поверхности или нижней области (76) поверхности соответственно.

4. Формующий слой (60) по п.2, отличающийся тем, что каждое углубление (63) или выступ (62) соответственно имеет объем  $v$ , равный 0.05-1.0 мм<sup>3</sup>.

5. Формующий слой (60) по п.2, отличающийся тем, что все углубления (63) или выступы (62) поверхности (61) являются идентичными.

6. Формующий слой (60) по п.2, отличающийся тем, что углубления (63) или выступы (62) соответственно размещены регулярно.

7. Формующий слой (60) по п.2, отличающийся тем, что углубления (63) или выступы (62) соответственно размещены параллельными рядами (72), проходящими в машинном направлении формующего слоя (60).

8. Формующий слой (60) по п.2, отличающийся тем, что размер  $l$  каждого углубления (63) или выступа (62) в машинном направлении формующего слоя (60) и размер  $b$  каждого углубления (63) или выступа (62) в направлении поперек движения формующего слоя (60) в машине связаны соотношением  $l > b$ .

9. Формующий слой (60) по любому из пп.2-8, отличающийся тем, что изготовлен из полиуретана, углеродного волокна или металла.

10. Формующая лента (14) для формования мокрого волокнистого полотна (1') в прессовой части (3) при помощи бумагоделательной машины для изготовления санитарно-гигиенической бумаги (1) с высокой пухлостью, отличающаяся тем, что содержит формующий слой (60) по п.1-9.

11. Формующая лента (14) по п.10, отличающаяся тем, что содержит слой износа (58), размещенный на стороне формующей ленты (14) и ориентированный в направлении от волокнистого полотна (1').

12. Формующая лента (14) по п.11, отличающаяся тем, что содержит упрочняющие средства (57).

13. Формующая лента (14) по любому из пп.10-12, отличающаяся тем, что изготовлена водопроницаемой.

14. Прессовая часть (3) для бумагоделательной машины для изготовления санитарно-гигиенической бумаги, содержащая главный пресс, содержащий:



первый прессовый элемент (12) и второй прессовый элемент (13), формирующие между собой прессовый зажим (N1) с заранее установленным значением давления, первую одежду в форме эластичного сжимаемого прессового войлока (17), движущегося по бесконечной петле вблизи направляющих валов (18) через указанный 5 прессовый зажим (N1) совместно и в контакте с сформованным волокнистым полотном (1'), причем второй прессовый элемент (13) размещен внутри петли прессового войлока (17),

вторую одежду, движущуюся по бесконечной петле вблизи направляющих валов (18) через указанный прессовый зажим (N1) совместно и в контакте с сформованным 10 волокнистым полотном (1'), причем первый прессовый элемент (13) размещен внутри петли второй одежды, и

передаточный вал (16) для формирования передаточного зажима (N2) напротив сушильной поверхности (20) сушильной части (4), следующей за прессовой частью (3), размещенный внутри петли второй одежды (14), отличающийся тем, что в качестве 15 второй одежды используют формующую ленту (14) по п.10-13.

15. Прессовая часть (3) по п.14, отличающаяся тем, что в качестве прессового зажима (N1) используют длинный прессовый зажим.

16. Прессовая часть (3) по п.15, отличающаяся тем, что один из прессовых элементов (12, 13) содержит башмачный прессовый зажим.

20 17. Бумагоделательная машина для изготовления посредством прессования сформованной санитарно-гигиенической бумаги (1) с высокой пухлостью, содержащая мокрую часть (2) для формирования волокнистого полотна (1'), сушильную часть (4) для окончательного высушивания волокнистого полотна (1''), содержащую сушильную поверхность (20) для высушивания волокнистого полотна 25 (1''), и

крепировальный шабер (21) для отделения полотна от сушильной поверхности (20), так что крепированное полотно санитарно-гигиенической бумаги (1) может быть удалено с сушильной поверхности (20), и

отличающаяся тем, что содержит прессовую часть (3) по любому из пп.14-16, 30 размещенную между мокрой частью (2) и сушильной частью (4), причем передаточный вал (16) прессовой части (3) вместе с сушильной поверхностью (20) формирует передаточный зажим (N2) для транспортировки волокнистого полотна (1'') к сушильной поверхности (20) без осуществления обезвоживания волокнистого полотна (1'') в передаточном зажиме (N2).

35 18. Бумагоделательная машина для изготовления санитарно-гигиенической бумаги по п.17, отличающаяся тем, что мокрая часть (2) содержит напорный ящик (6), формирующий вал (7), первую формующую одежду (8), движущуюся в контакте с формирующим валом (7), и обезвоживающее устройство (24).

40 19. Бумагоделательная машина для изготовления санитарно-гигиенической бумаги по п.18, отличающаяся тем, что обезвоживающее устройство (24) содержит отсасывающий вал (25), размещенный в петле первой формирующей одежды (8) за формирующим валом (7), и паровую камеру (26), размещенную снаружи петли первой формирующей одежды (8) перед указанным отсасывающим валом (25).

20. Бумагоделательная машина для изготовления санитарно-гигиенической бумаги 45 по п.17, отличающаяся тем, что сушильная поверхность (20) сформирована поверхностью корпуса сушильного цилиндра (19).

21. Бумагоделательная машина для изготовления санитарно-гигиенической бумаги по п.20, отличающаяся тем, что в качестве сушильного цилиндра (19) используют

американский сушильный барабан.

22. Бумагоделательная машина для изготовления санитарно-гигиенической бумаги по п.17, отличающаяся тем, что сушильная поверхность (20) сформирована металлической лентой.

5 23. Бумагоделательная машина для изготовления санитарно-гигиенической бумаги по п.17, отличающаяся тем, что прессовая часть (3) также содержит предварительный пресс (32), содержащий первый прессовый элемент (33) и второй прессовый элемент (34), формирующие между собой прессовый зажим N3, причем прессовый войлок (37) движется по бесконечной петле вблизи направляющих валов (18; 38) через указанный  
10 прессовый зажим вместе с прессовым войлоком (17) главного пресса (11); второй прессовый элемент (34) размещен в петле прессового войлока (37) предварительного пресса (32); первый прессовый элемент (33) размещен в петле прессового войлока (17) главного пресса, а сформированное волокнистое полотно (1') движется через прессовый зажим предварительного пресса, заключенный между двумя прессовыми войлоками  
15 (17, 37).

24. Бумагоделательная машина для изготовления санитарно-гигиенической бумаги по п.23, отличающаяся тем, что формующая лента (14) проходит между главным прессом (11) и передаточным валом (16), а петля прессового войлока (17) главного пресса (11) проходит между формующим валом (7) и главным прессом (11), причем прессовый  
20 войлок (17) главного пресса (11) также формирует указанную первую формующую одежду (8).

25. Бумагоделательная машина для изготовления санитарно-гигиенической бумаги по п.23, отличающаяся тем, что петля формующей ленты (14) проходит между формующим валом (7) и передаточным валом (16) с образованием указанной первой  
25 формующей одежды (8).

26. Бумагоделательная машина для изготовления санитарно-гигиенической бумаги по п.23, отличающаяся тем, что формующая лента (14) проходит между главным прессом (11) и передаточным валом (16); прессовый войлок (17) проходит между предварительным прессом (32) и главным прессом (11), а указанная первая формующая  
30 одежда (8) проходит между формующим валом (7) и предварительным прессом (32) и формирует прессовый войлок предварительного пресса (32).

27. Бумагоделательная машина для изготовления санитарно-гигиенической бумаги по п.23, отличающаяся тем, что формующая лента (14) проходит между главным прессом (11) и передаточным валом (16); прессовый войлок (17) проходит между  
35 предварительным прессом (32) и главным прессом (11); прессовый войлок предварительного пресса (32) проходит между передаточной областью и предварительным прессом (32), а петля первой формующей одежды (8) проходит между формующим валом (7) и направляющим валом, соединенным с указанной передаточной областью.

40 28. Бумагоделательная машина для изготовления санитарно-гигиенической бумаги по любому из пп.17-27, отличающаяся тем, что по меньшей мере один из прессов (11, 32) выполнен в форме пресса с увеличенным прессовым зажимом, причем второй прессовый элемент (13) пресса содержит устройство для формирования увеличенного прессового зажима с целью взаимодействия с первым прессовым элементом (12).

45 29. Бумагоделательная машина для изготовления санитарно-гигиенической бумаги по п.28, отличающаяся тем, что в качестве главного пресса (11) используют башмачный пресс, а устройство для формирования указанного увеличенного прессового зажима содержит прессовый башмак и бесконечную ленту, движущуюся через увеличенный

прессовый зажим, причем пресс башмака приложен к внутренней части ленты.

30. Способ изготовления сформованного полотна санитарно-гигиенической бумаги с высокой пухлостью (1) в бумагоделательной машине для изготовления санитарно-гигиенической бумаги по любому из пп.17-29, содержащий этапы, на которых:

формируют волокнистое полотно (1') в мокрой части (2),

обезвоживают и формуют волокнистое полотно (1') посредством прессования в прессовой части (3) и окончательно высушивают волокнистое полотно (1") в сушильной части (4), причем волокнистое полотно (1") транспортируют от прессового зажима (N1) главного пресса (11) к передаточному зажиму (N2) передаточного вала (16) на сушильной поверхности (20) посредством формующей ленты (14).

31. Способ по п.30, отличающийся тем, что сухость волокнистого полотна (1', 1") изменяют от значений в диапазоне 15-30% до значений в диапазоне 42-52% при прохождении указанного полотна (1', 1") через прессовую часть (3).

32. Способ по п.30 или 31, отличающийся тем, что волокнистое полотно (1', 1") содержит коротковолокнистый слой и длиноволокнистый слой и транспортируется к сушильной поверхности (20) в передаточном зажиме (N2), так что при этом коротковолокнистый слой направлен к сушильной поверхности.

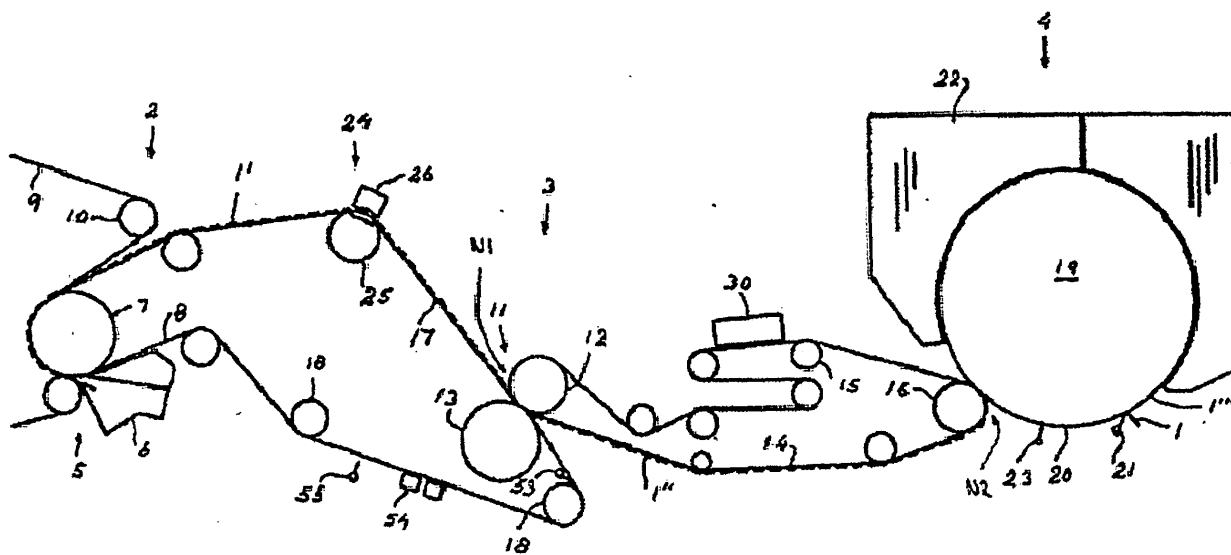
33. Способ усовершенствования бумагоделательной машины для изготовления санитарно-гигиенической бумаги, содержащей прессовую часть согласно преамбуле п.14, отличающийся тем, что вместо второй одежды прессовой части используют формующую ленту (14) по п.10-13.

34. Использование формующей ленты (14) по любому из пп.10-13 для изготовления волокнистого полотна (1") санитарно-гигиенической бумаги в прессовой части по п.14-16.

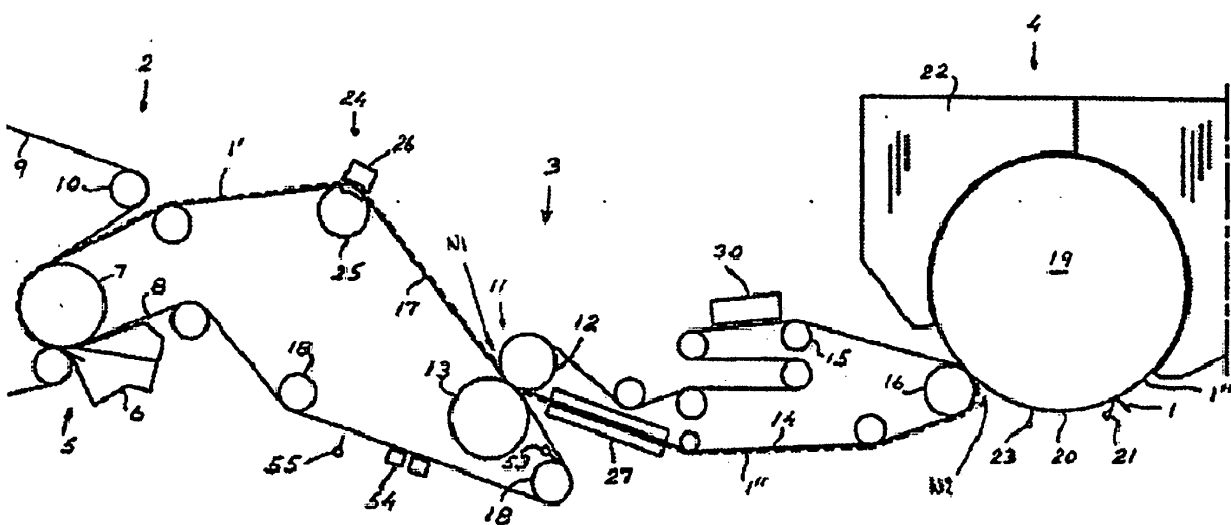
35. Полотно санитарно-гигиенической бумаги (1), полученное в бумагоделательной машине для изготовления санитарно-гигиенической бумаги по п.17-29, отличающееся тем, что после отделения от сушильной поверхности (20) при температуре 20°C и влажности воздуха 50% указанное полотно (1) имеет базовый вес в диапазоне 10-50 г/м<sup>2</sup>, толщину в диапазоне 160-400 мкм, пухлость в диапазоне 8-20 см<sup>3</sup>/г, прочность на растяжение в машинном направлении в диапазоне 50-300 Н/м, прочность на растяжение в направлении поперек движения формующей ленты (14) в машине в диапазоне 30-250 Н/м и мягкость в диапазоне 70-90, полученную при помощи прибора для определения мягкости ткани (EMTEC TSA) по измерительной шкале от 0 до 100.

36. Полотно санитарно-гигиенической бумаги (1) по п.35, отличающееся тем, что имеет различную толщину.

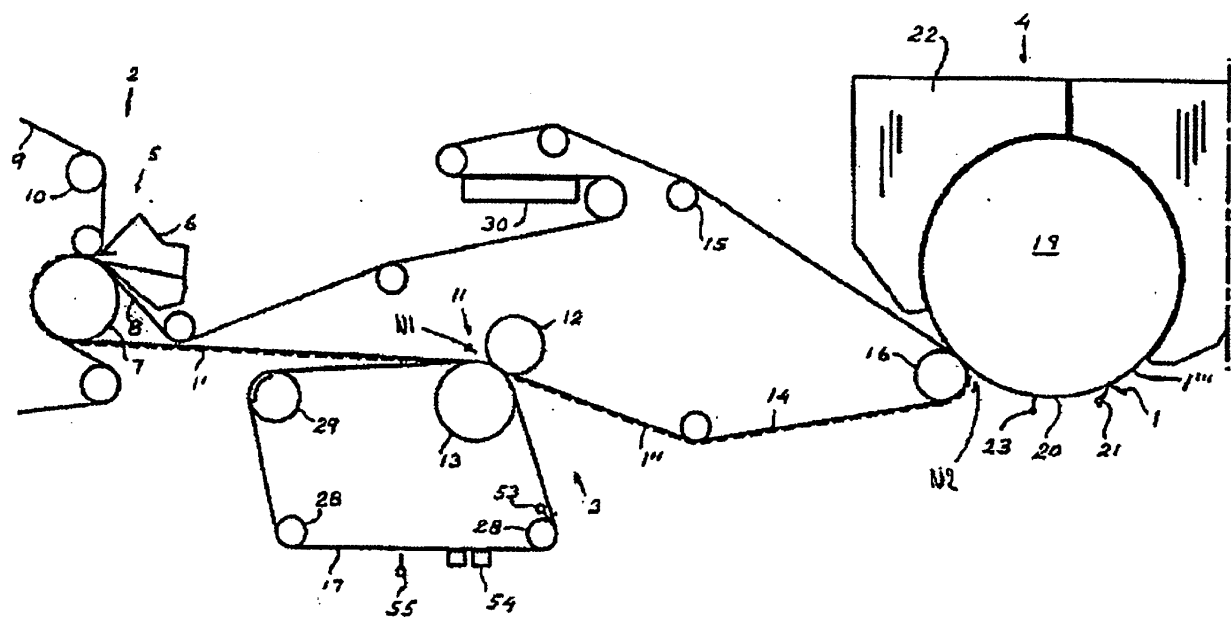
37. Полотно санитарно-гигиенической бумаги (1) по п.36, отличающееся тем, что его толщина больше в тех частях, где указанное полотно (1) сформовано верхними областями поверхности (70), чем в частях, где указанное полотно (1) сформовано углублениями (63) формующей ленты (14) бумагоделательной машины для изготовления санитарно-гигиенической бумаги.



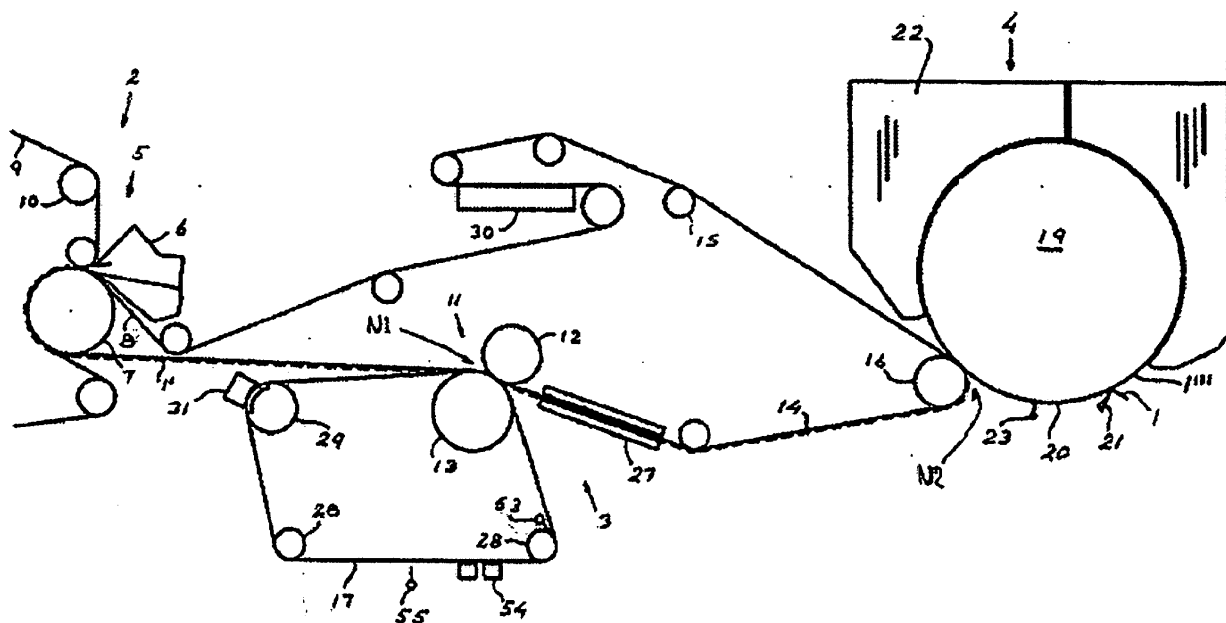
Фиг.1



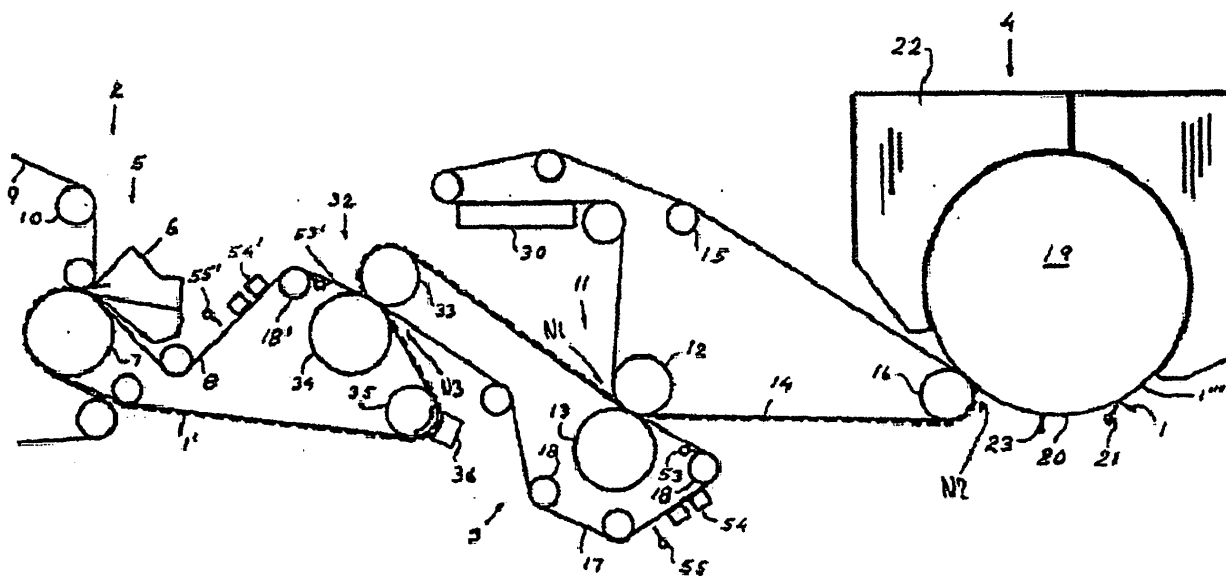
Фиг.2



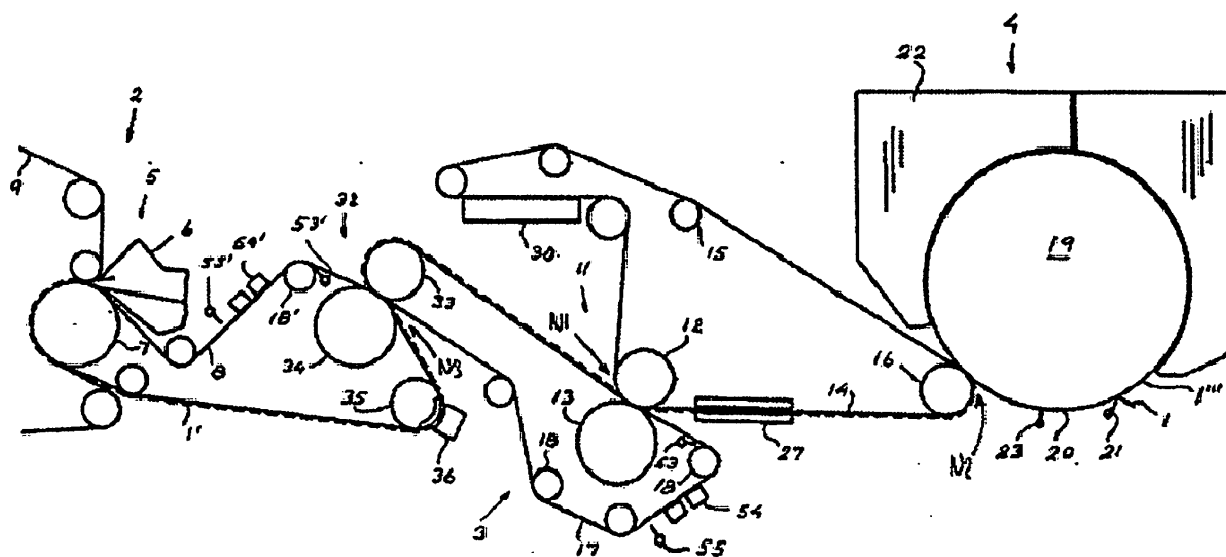
Фиг.3



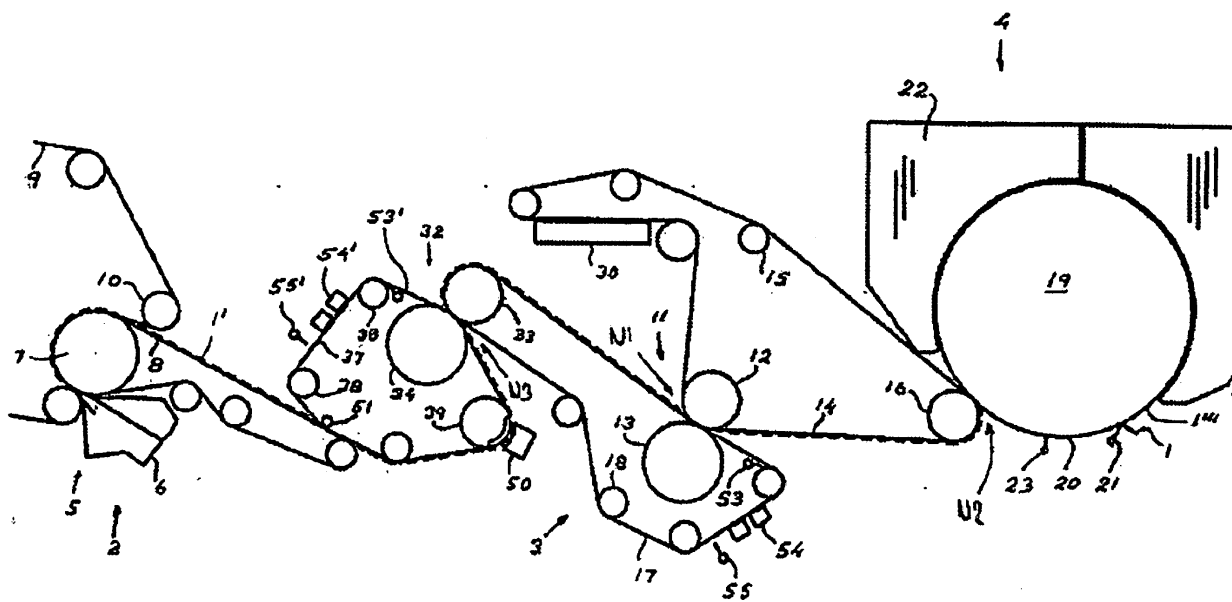
Фиг.4



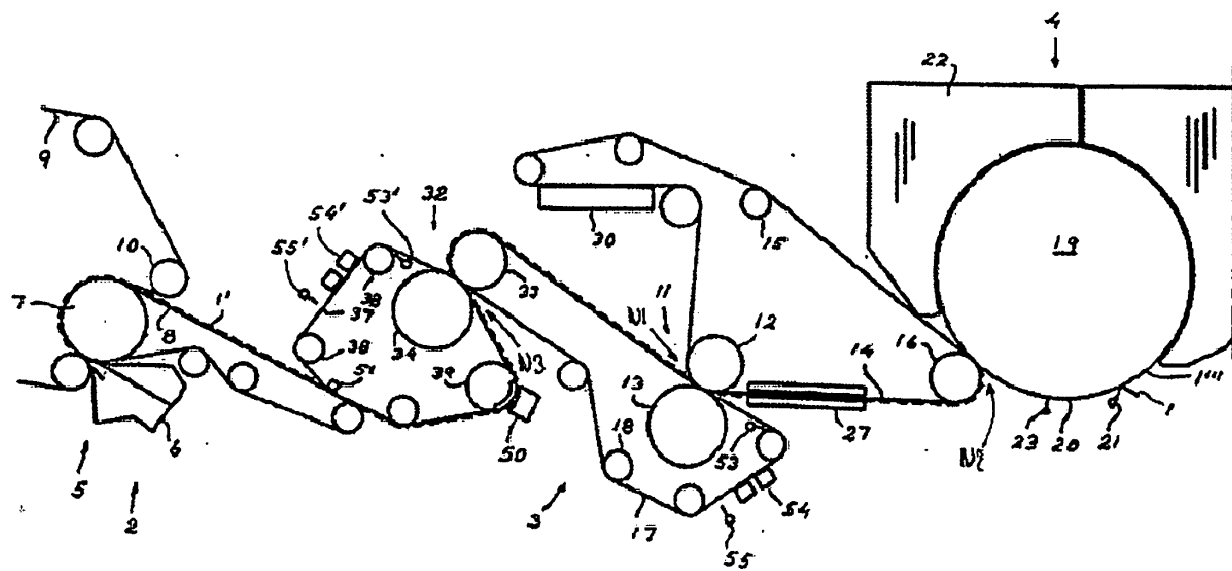
Фиг.5



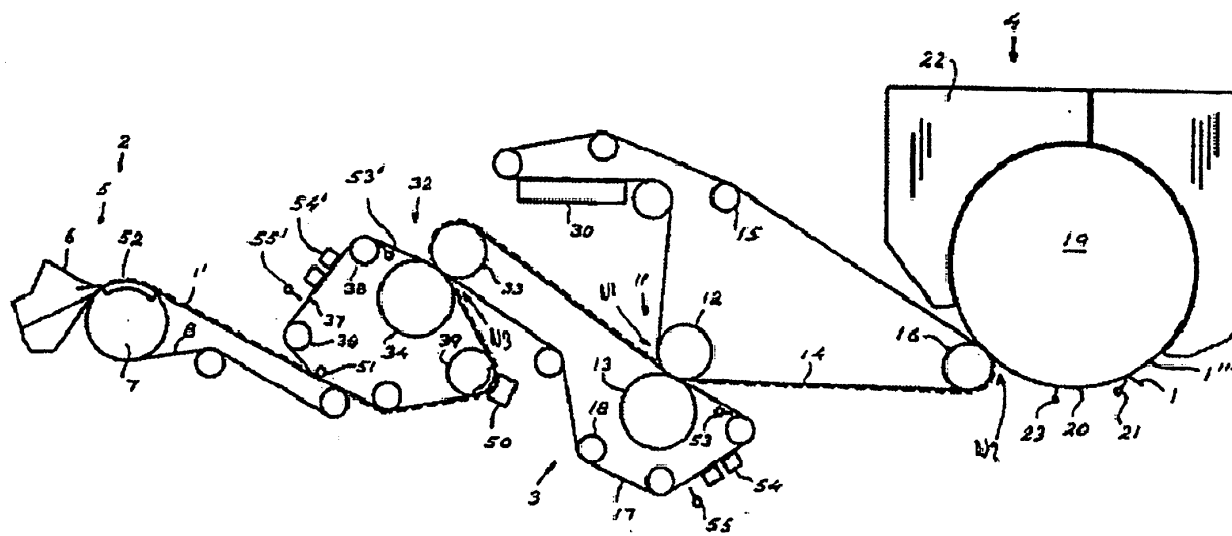
Фиг.6



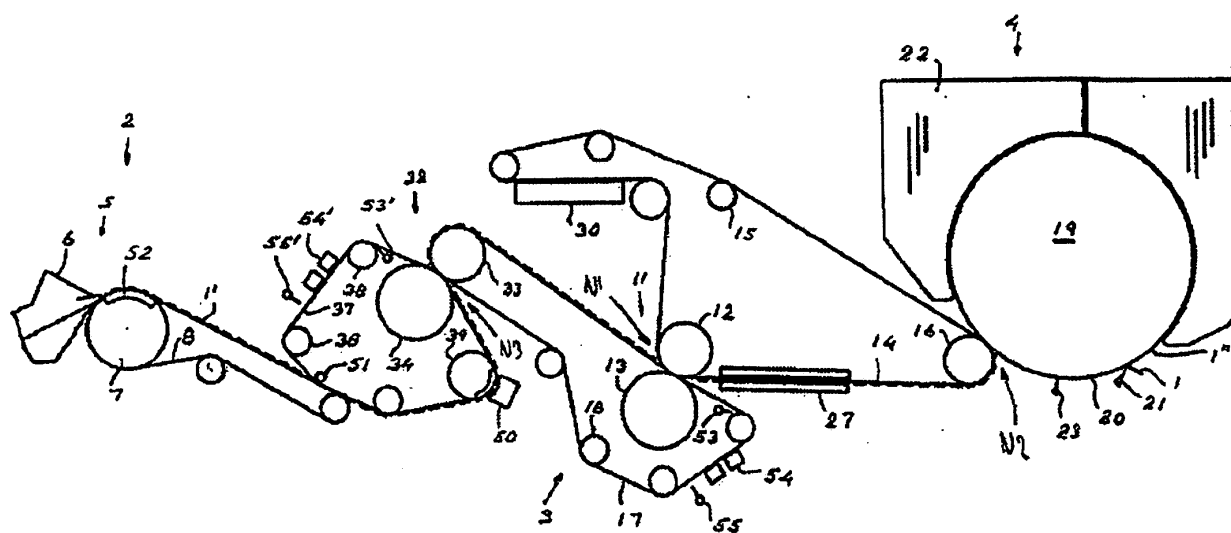
Фиг.7



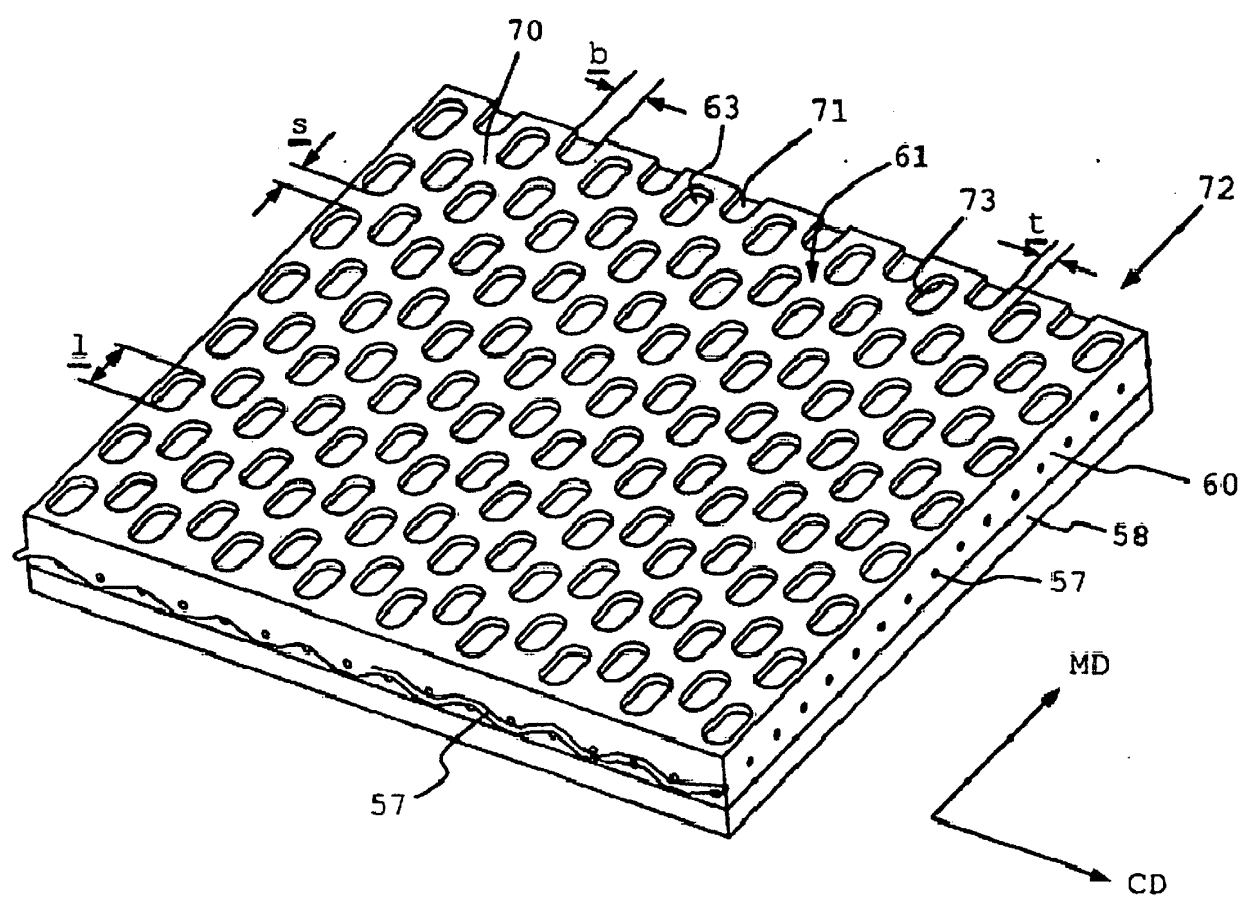
Фиг.8



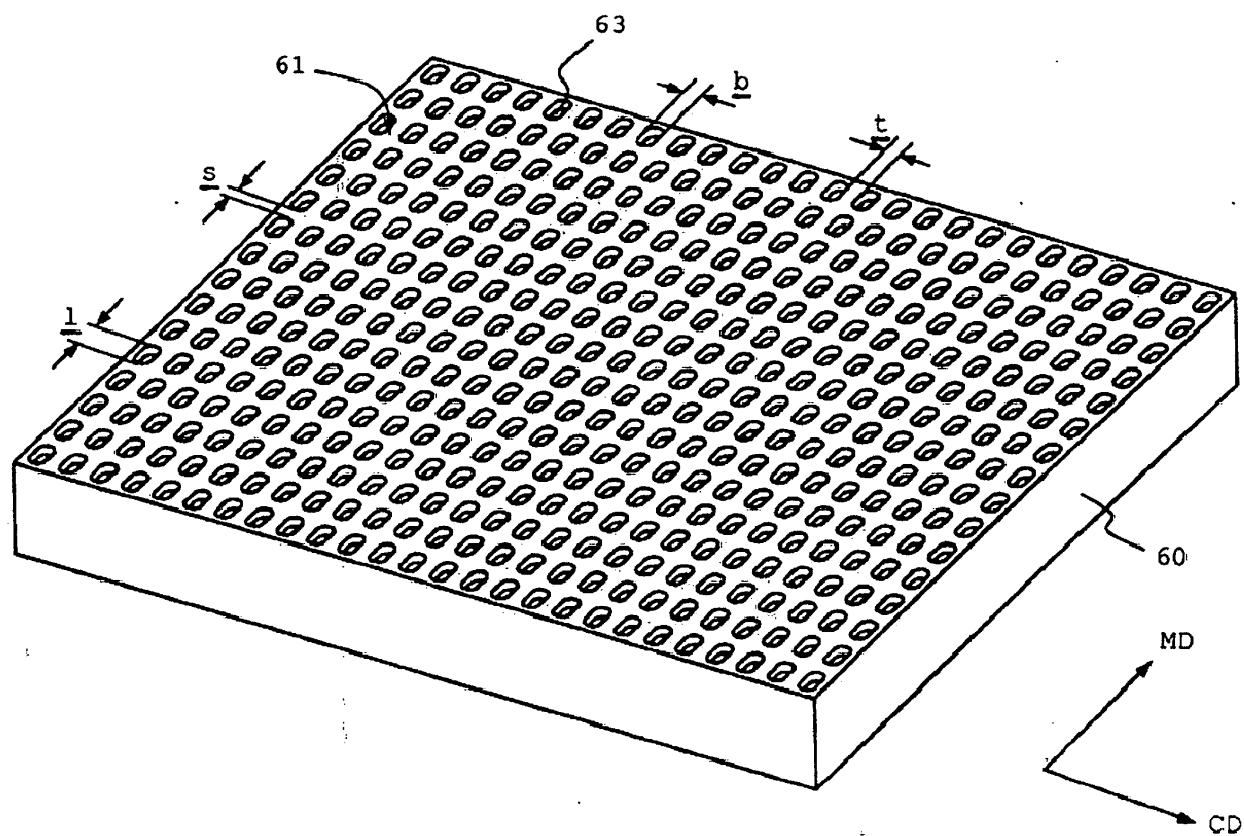
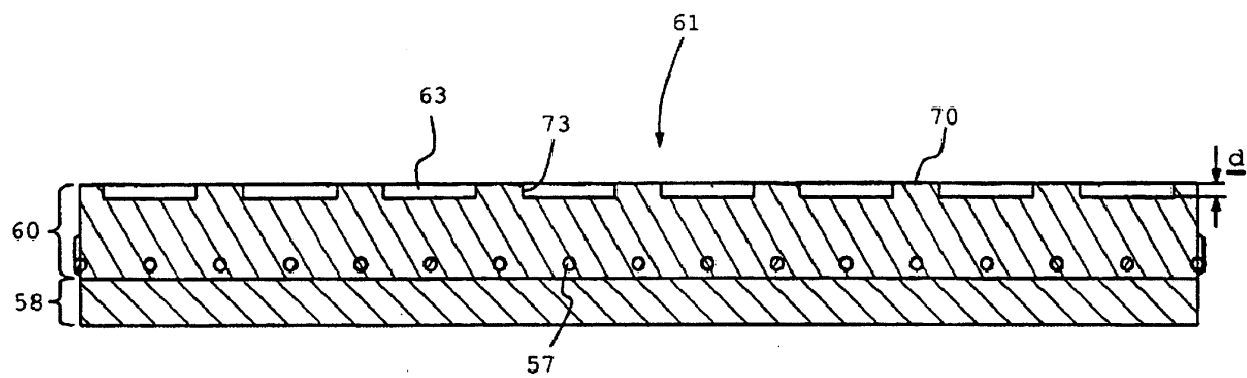
Фиг.9



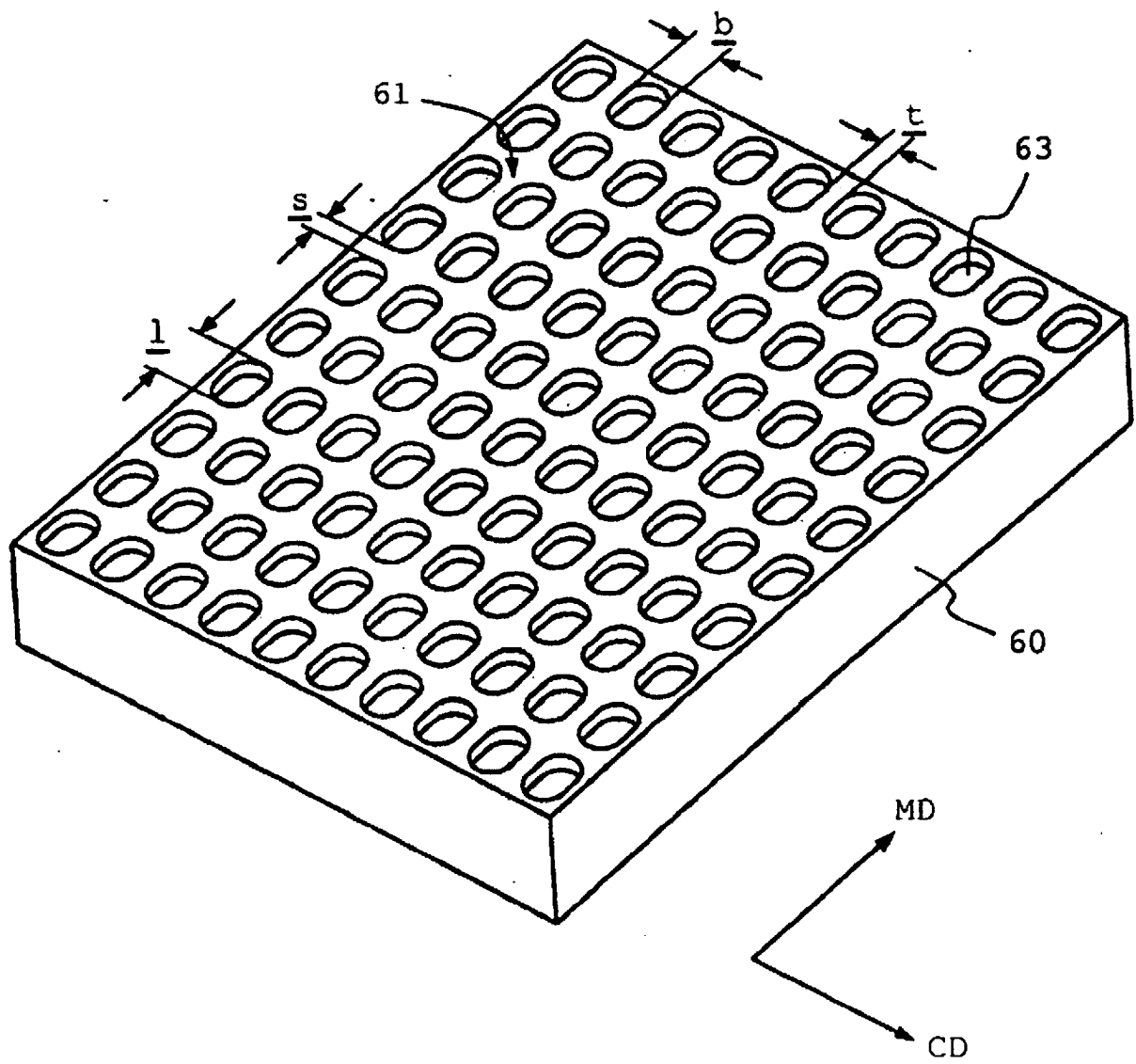
Фиг.10



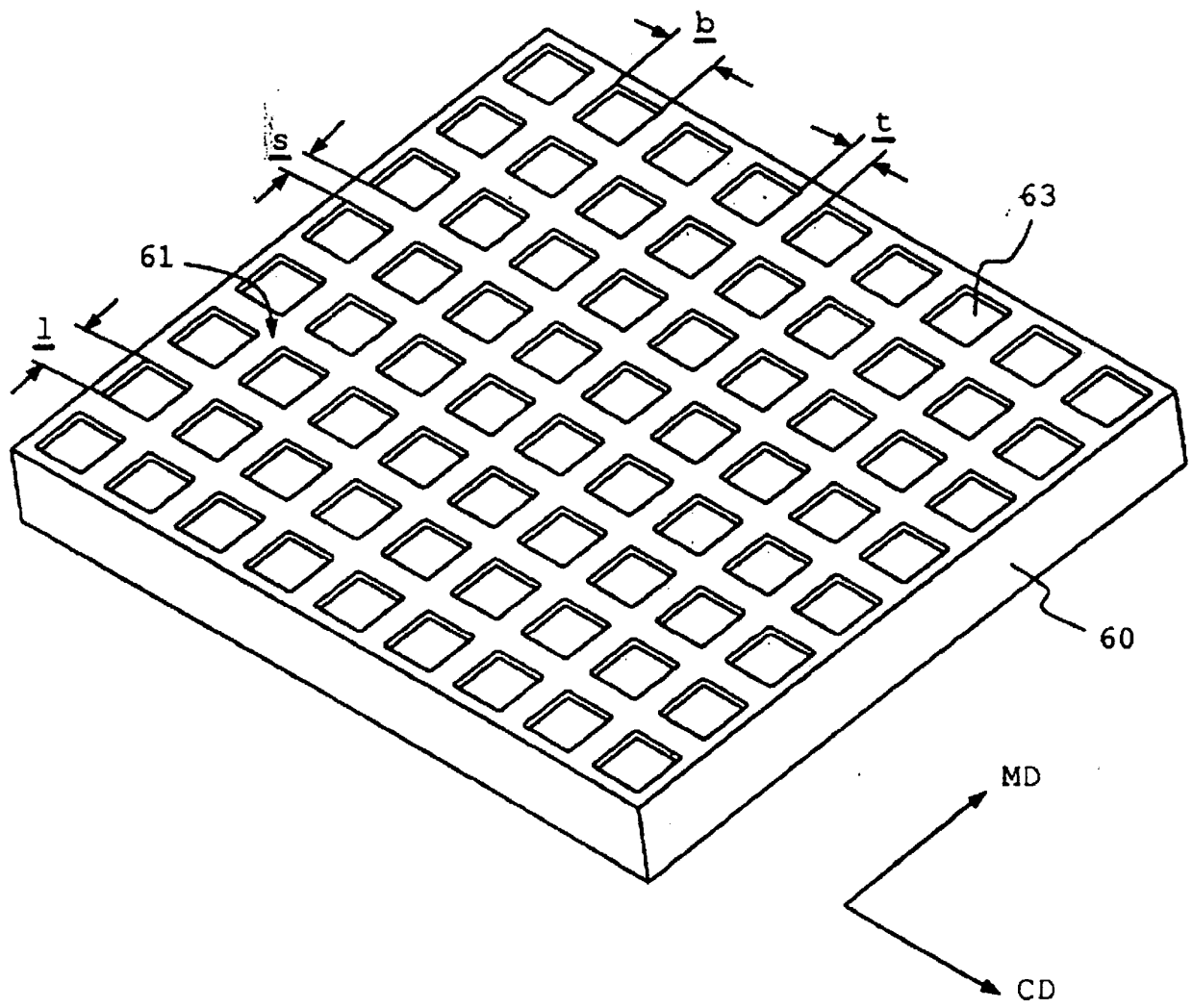
Фиг. 11



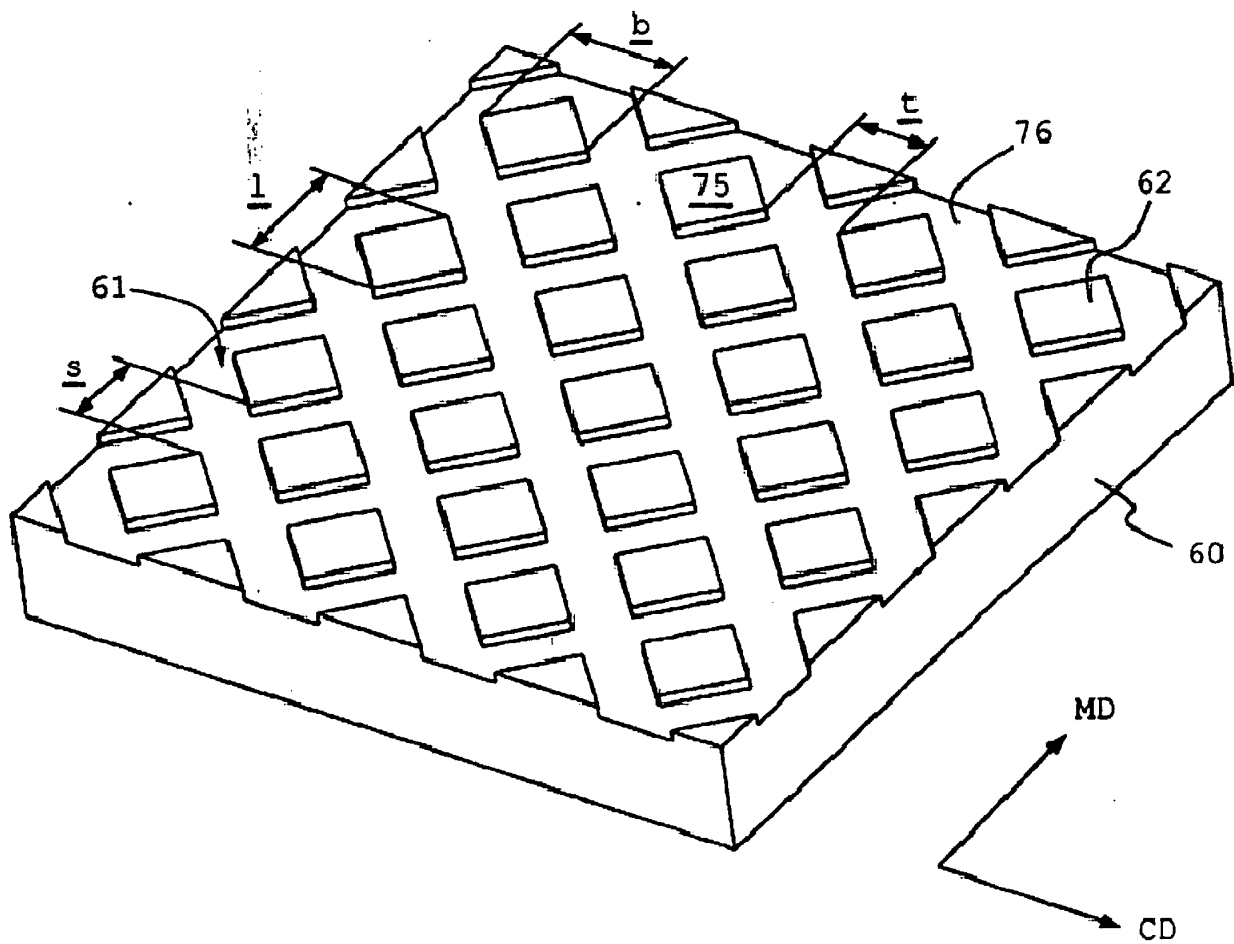




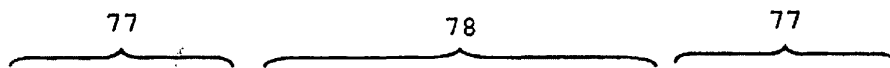
Фиг.14



Фиг.15



Фиг.16



Фиг.17



Фиг. 18

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4526389号  
(P4526389)

(45) 発行日 平成22年8月18日 (2010.8.18)

(24) 登録日 平成22年6月11日 (2010.6.11)

(51) Int.Cl.	F 1
D 2 1 F 9/02 (2006.01)	D 2 1 F 9/02 A
D 2 1 F 1/52 (2006.01)	D 2 1 F 1/52

請求項の数 1 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-530283 (P2004-530283)	(73) 特許権者	507009216
(86) (22) 出願日	平成15年6月16日 (2003.6.16)		メッツォ ペーパー インコーポレイテッ ド
(65) 公表番号	特表2005-536654 (P2005-536654A)		フィンランド国 〇〇130 ヘルシンキ ファビアニントゥ 9アー
(43) 公表日	平成17年12月2日 (2005.12.2)		
(86) 国際出願番号	PCT/FI2003/000481	(74) 代理人	100070150
(87) 国際公開番号	W02004/018768		弁理士 伊東 忠彦
(87) 国際公開日	平成16年3月4日 (2004.3.4)	(74) 代理人	100091214
審査請求日	平成18年5月19日 (2006.5.19)		弁理士 大貫 進介
(31) 優先権主張番号	60/405,372	(74) 代理人	100107766
(32) 優先日	平成14年8月23日 (2002.8.23)		弁理士 伊東 忠重
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100120167
(31) 優先権主張番号	60/405,373		弁理士 木田 博
(32) 優先日	平成14年8月23日 (2002.8.23)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ツインワイヤフォーマ又はフォーマのツインワイヤセクションにおける紙又は板紙ウェブの形成

(57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

抄紙機ないし板紙抄紙機のハイブリッド型形成セクションであって、  
第1のループ及び上側の水平面を形成する長網第1形成ワイヤと、  
前記上側の水平面上に繊維ストックを形成するように配置されたヘッドボックスと、  
前記上側の水平面上の繊維ストックが下流方向でのみ脱水されるように、前記上側の水  
平面の下方に配置された脱水装置と、

前記長網第1形成ワイヤの上側に設けられ、前記脱水装置から下流側に離間し、第2の  
ワイヤループを形成する第2の形成ワイヤを有するフォーマユニットとを含み、

前記長網第1形成ワイヤ及び第2の形成ワイヤは、それらの間にツインワイヤ型の脱水  
領域を形成し、該脱水領域は、前記ツインワイヤ型の脱水領域の開始部に、前記長網第1  
形成ワイヤ上の繊維ストックが内部に移動する楔形の隙間が形成されるように開始部を有  
し、

前記ツインワイヤ型の脱水領域は、少なくとも第1の脱水ゾーン及び第2の連続する脱  
水ゾーンに構成され、

前記第1の脱水ゾーンの少なくとも一部は、曲面のデッキ及び前縁を有する少なくとも  
1つの固定形成シューで形成され、前記曲面のデッキは、前記第2の形成ワイヤに係合し  
、前記第2の形成ワイヤは、前記固定形成シューの前縁の後まで前記第1の形成ワイヤ上  
の繊維ストックに接触しないように配置され、

前記長網第1形成ワイヤは、前記固定形成シューで支持されておらず、

10

20

前記第2の連続する脱水ゾーンは、クロスマシーン方向で前記第2の形成ワイヤに係合し且つ前記第2の形成ワイヤと前記長網第1形成ワイヤ間の繊維ストックに対して支持される複数の固定脱水ブレードにより形成され、

前記複数の固定脱水ブレードは、各固定脱水ブレード間に隙間を画成し、

前記長網第1形成ワイヤと前記第2の形成ワイヤの間に位置する繊維ストックに対して制御された態様で荷重負荷する動きをするよう搭載された複数の可動脱水ブレードであって、前記隙間と反対側にあり、前記固定脱水ブレード間の前記隙間にて前記長網第1形成ワイヤに係合して、前記第2の脱水ゾーンにおける前記繊維ストックにおいて脈動的な脱水を引き起こす、複数の可動脱水ブレードを更に含み、

前記長網第1形成ワイヤ及び前記第2の形成ワイヤは、前記ツインワイヤ型の脱水領域の開始部から前記第1の脱水ゾーンの固定形成シューの領域へとガイドされ、前記固定形成シューは、前記長網第1形成ワイヤ及び前記第2の形成ワイヤの間を移動する前記繊維ストックに実質的に非脈動的な脱水を引き起こすように、前記固定形成シューの上方に配置された負圧源に接続された実質的に開口した表面を備え、

前記非脈動的な脱水は、前記固定形成シューの前縁後の領域における繊維ストックに適用される、ハイブリッド型形成セクション。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、水を含む木部繊維ストックから紙又は板状ウェブの形成に関するものである。より詳細に述べると、本発明は、ウェブ形成の初期段階で紙又は板紙を高速で形成するための方法と装置とに関するものである。更により詳細に述べると、本発明は、円網又は板紙抄紙機のツインワイヤ型形成セクションに関する独立請求項1の前文通りの方法と、独立請求項8の前文通りの円網又は板紙抄紙機のツインワイヤ型形成セクションに関するものである。

【0002】

水を含む木材繊維ストックから紙を作るとき、初期形成はそのとき、長網ワイヤ部のように、一つの形成ワイヤ上、又はギャップフォーマと呼ばれるような、ツインワイヤフォーマ内で行われ、ツインワイヤフォーマでは、同じ方向に移動する一対の向かい合わせのワイヤループが閉じる(closing)間隙を形成し、ストックがヘッドボックスから形成ワイヤ間の空間へ供給され、形成ワイヤ上又は共に移動する形成ワイヤ間で、ランダムに分布した木材パルプ繊維を残すことにより紙ウェブの形成を始めるため、形成ワイヤ(forming wire)を通してストックから水が取除かれる。

【0003】

作られる紙又は板紙の質に依存して、違ったタイプの繊維パルプが用いられる。良質の紙生産をもたらすために違った繊維パルプから水が取除かれる量は、例えば、紙生産の所望基準、作られる紙生産の所望カリパス(caliper)、円網抄紙機の設計速度、最終紙生産における細かさ、繊維や充填材に関する所望基準の関数のような、多くのファクターの関数である。

【0004】

円網抄紙機の形成セクション(forming section)に関し、一つ又は二つの形成ワイヤを案内するため形成シュー(forming shoe)を使うことが、最先端技術として知られている。形成ワイヤの外表面に支持されている繊維パルプから、形成ワイヤを通して形成ロールの内部に水を受けるために、開口、例えば、多孔質表面を備えた所謂形成ロールを使うことが、また知られている。

形成シューを使うことは、更に知られていて、その表面は、形成シューの前端から供給下流方向で始まり、マシン方向に関し(即ち、円網抄紙機の紙ウェブの移動方向に関し)ある小さな角度で延びている溝を持っている。

【0005】

幾つかのタイプの装置は、円網抄紙機の形成セクション、即ち、フォイルブレード(foil blade)、吸引ボックス、ヒッチロール(hitch roll)、吸引ロールと開口表面を備えるロールのようなフォーマにおいて知られており、排出する水の量、時間と紙ウェブ形成中の位置を最適化することを目指すとき、幾つかの異なった構成と並びで使われてきている。紙を作ることは、今なおある程度芸術であり、水を出来るだけ早く簡単に取除くことが、最適な良質の紙製品を生産しないであろう。言い換えると、例えば約2000m/minでの高速で高品質の紙製品の生産は、取除かれる水の量、水が取除かれる方法、脱水の期間や水が紙ストックから又は形成ワイヤ間で取除かれる位置の関数である。

#### 【0006】

円網抄紙機が低速、例えば900-1200m/min、で操作されていたこれまででは、上述のファクターの相関的な利用は、紙製品における所望の品質を達成するために変えることが出来たであろう。更に、高速で製品を作る際に、製品の品質を維持又は改善することを希望するとき、予期しない問題が多くのプロセスで起こるのである。その結果として、製品の量が所望の品質を維持又は達成するために減少されねばならないか、又は所望の品質が高い生産量を達成するために犠牲にしなければならない。

#### 【0007】

これまでの形成シュー又はブレードシューのブレード要素又はフォイルは、曲面又は平面形状の形成シュー表面を持ち、それらはブレード要素間に、ブレード要素長さの上に長手方向に伸びているいくつかの間隙を持っていた。それらの部品に適した間隙は、ブレード要素に対する前端を定義し、そのブレード要素が形成ワイヤの移動方向に直角にクロスマシン方向に並べられている。そのような配置はよく機能をする。ストックジェット(stock jet)は、形成シュー／ブレードの前端上で、ストックジェットの水の一部分が形成ワイヤを通過しシュー／ブレードの下で終わるような方法で形成ワイヤに向けられる。各フォイル、ブレード要素又は形成シューは、その底面で大気に開放されているか、若しくは、隣接するフォイル又はブレード要素間での間隙に水を流し込むことによって脱水を改善するために負圧源に接続されている。ブレード要素はフォイル又は形成シューの上面又はデッキを形成する。

#### 【0008】

しかしながら、更に経済的に改善した紙生産を行うための円網抄紙機速度の増加で、新しい現象が、円網抄紙機の走行機能に関連して起こり始め、また製造された紙製品の表面と内部構造に関連し始める。これらの変化の殆どは、望ましいものではない。

#### 【0009】

これらの現象は、紙製品の表面又は内部で微細繊維や充填材の望ましくない分布のような別の形で起こる、それによって許容残留(acceptable retention)又はより微細な残留(finier retention)が減少するであろう。これらの変化と欠陥は、紙製品において損害が大きくその販売力に影響する。

#### 【0010】

印刷ストックと文書紙の形成において一般に使われる二つの本質的な技術、即ち、ブレードタイプギャップフォーマとロールギャップフォーマがある。これら両技術は次に列記する種の利点と欠点を持つ。

#### 【0011】

ロールギャップフォーマの利点は、相対的に大きな半径をもつロール上へのヘッドボックスジェット(headbox jet)の衝突が、噴流特性に関しマイナーな幾何学的な誤差に対してと伴風や水滴のような外部影響に対して非常に鈍感であること、充填材や異方性のようなZ方向特性と、最初に一定の脱水圧（即ち、脈動なし）で両ワイヤ上に同時に繊維マットが形成されることによって優れた両面とが達成され得ること、初期の一定脱水圧（即ち、脈動なし）が脱水ゾーンで存在することにより、良好な残留が達成されことである。この技術のかなり大きな欠点は、形成ロールの回転がロール間隙の出口側で真空脈動(vacuum pulse)状態になることである。もしも紙がこの点で非常に濡れているとすると、一定の圧力を持つ領域から脈動圧を持つ次のゾーンに移動するので、この脈動は部分的に形成

10

20

30

40

50

された紙構造に損傷(crush)を与えるであろう。實際上、これは、脈動ゾーンに移動させることの出来る水の量がこの真空脈動により限定されるので、このタイプのフォーマの形成品質を限定する。本質的な欠点は、また形成ロールとメンテナンスのロールの必要性はもちろんスペア部品と機械のシャットダウンにより派生する時間によるコストである。ロールギャップフォーマの持つ他の注意しなければならない問題は、高速(>1600m/min)と高密度パルプでの不十分な脱水容量である。

#### 【0012】

ブレードタイプギャップフォーマの利点は、噴流脱水で脱水を始めることは脈動圧で行われるので、このタイプのフォーマの形成ポテンシャルが非常にいいことである。すべての脱水構成部品が固定されるので、受入れとメンテナンスコストがロールを第一脱水装置として使うときよりも低くなる。

10

#### 【0013】

この技術は、とりわけ次の欠点がある。相対的に大きな半径を持ち脈動圧を発生させるために構成されたシューへの噴流の衝突は、多くのものからなる誤差に敏感である。これがこのタイプのフォーマの効率的操作に関する主な限界である。初期の脱水は、全く非対称で、特に、充填材と異方性に関して、Z方向の片側紙構造をもたらす。パルプの脱水が初期に脈動圧で行われるので、残留率は低い。

#### 【0014】

先端技術に関して、米国特許No. 5798024、米国特許出願公開No. 2001/0025697、現米国特許No. 6372091とGB特許No. 1288277も参照される。

20

#### 【0015】

本発明の支援で、紙製品の製造と品質に対し円網抄紙機の形成セクションにおける形成シュー又はブレード要素に起因する上述の難点と欠点は、解消するか減らされる。本発明による方法は、独立請求項1の特徴を記した部分で定義されたところに主な特徴があり、同時に本発明に関する円網抄紙機または板網抄紙機のツインワイヤ型形成セクションの主な特徴が、独立請求項8の特徴を記した部分に定義されている。

#### 【0016】

本発明のその他の特徴は従属請求項に記載されている。

#### 【0017】

本発明のその他の目的、特徴的特性や利点は次の詳細な記述からと添付図から呈示されるであろう。

30

#### 【0018】

図1から図を詳細に参照にし、本発明におけるフォーマの有用な実施例を示す。図1に示されたフォーマは、ブレードタイプギャップフォーマであり、参照番号10で一般的に印付けられている。フォーマ10は、二つの形成ワイヤ11、12を含み、この二つのワイヤはヒッチロールとガイドロールの助けでエンドレスワイヤループ（示されていない）を形成している。ロールについて、図1は、ワイヤループ側で、第一形成ワイヤ11が脱水領域にガイドされる第一形成ワイヤ11の第一プレストロール13と、形成領域の後方で第一形成ワイヤ11を第一ワイヤループにガイドするガイドロール15を示す。それに対応して、第二形成ワイヤ12の第二プレストロール14は、ワイヤループ側で示され、そのプレストロールを通過して第二形成ワイヤ12が脱水領域にガイドされ、形成領域の後方で第二形成ワイヤ12を第二ワイヤループにガイドし、それから、それに対応して、形成されたワイヤWが更に次の処置にガイドされる吸引ロール16が示されている。図1に示した方法では、初期軸ベベル(axial bevel)17を持つ吸引ロール16が提供され、そのベベルは吸引ゾーン又はベベル間における他の吸引領域のようなものを限定する。プレストロール13、14は、それらを通過し脱水領域に移動する形成ワイヤ11、12がそれら間で楔形形成間隙Gを形成するように配置され、ヘッドボックス1がリップジェット(lip jet)2としてストックをその間隙に供給する。

40

#### 【0019】

フォーマ10において、二つの連続した脱水ゾーンZ1、Z2があり、ヘッドボックス1のリ

50



ップジェクト2が第一脱水ゾーンZ1の領域に導かれる。第一脱水ゾーンZ1は形成シュー3を含み、そこで第二形成ワイヤ12に接触する表面が曲面になっており、その結果として、形成ワイヤ11、12間を移動するウェブW中に何らの脈動的な脱水を生じさせないであろう。形成シュー3と第一脱水ゾーンZ1は、図2、3と3Aと関連してより綿密に考察される。第一脱水ゾーンZ1は、第二脱水ゾーンZ2に後を引き継がれ、形成ワイヤ間を移動するウェブW中に脈動的な脱水がもたらされる。固定脱水ブレード21が、第一ワイヤループの内部で第一形成ワイヤ11の片側に配置され、第一形成ワイヤ11を支持するような状態で、脈動的な脱水がもたらされ、その脱水ブレードはクロスマシン方向(cross-machine direction)に置かれる。固定脱水ブレード21は、クロスマシン方向で間隙22が脱水ブレード間に存続するように配置される。固定脱水ブレード21は、好ましくは、負圧源23と連結された吸引ボックスの底面を形成するように配置される。負圧源によって生じる負圧は、固定脱水ブレード21間の間隙22経由でウェブWに作用される。

10

#### 【0020】

第二ワイヤループ内部の、第二形成ワイヤ12側上で、制御された方法で荷重を掛けることの出来る脱水ブレード24は、第二形成ワイヤ12に寄りかかって配置される。制御される脱水ブレード24はクロスマシン方向にあり、制御された脱水ブレード24が固定脱水ブレード21間にある間隙22に配置される。これらの脱水ブレード(固定/制御)21、24と荷重要素と吸引ボックス23の組合せとによって、脈動的な脱水がウェブW内にもたらされる。

#### 【0021】

従って、第一脱水ゾーンZ1は第二形成ワイヤ12に寄りかかって置かれた曲面形成シュー3によって形成され、そのシュー上で第二形成ワイヤ12が移動し、その形成シューに穴、開口部、溝、間隙又は6のようなもの(図2と3)を持ち、その上面を形成している曲面デッキ5がある。形成シュー3の内部に、負圧が、形成ワイヤ11、12間に置かれたストックから水を取除くために、参照番号4で示され矢印で図示されているように、手配される。穴、開口部、溝又は6のようなものは、形成シュー3のデッキ5中に配置され、該デッキ5が大きな開口表面積、好ましくは、50-90%持つようにし、それらの設計および/又は配置により、それらはウェブW内に何らの圧力脈動を生じさせないようにする。もし形成ワイヤ11、12における張力により、クロスマシン方向におけるある角度が形成ワイヤとデッキの開口部間で形成されるならば、ウェブW内に圧力脈動を引起ことになるであろう。もし開口表面がマシンの長手方向に穴又は間隙又は開口部によって実質的に形成されるならば、圧力脈動は生じないであろう。穴6又は同様のものは、好ましくは、水がそれらにより適切にガイドされるようにデッキ5に対し斜めに、図2と3に示したような方法で、配置される。デッキ5に関して、穴6又は同様のものの迎角は小さい。上に指摘したように、デッキ5は曲面形状を与え、デッキ5の曲率半径Rは600-4000mmの範囲内で、好ましくは、800-3000mmの範囲である。デッキ5の領域内でのワイヤ12のオーバーラップ角度は、3から45度の間であり、好ましくは、5と30度の間である。

20

30

図2は図1によるフォーマの変形を示し、フォーマはこの実施例でもまたブレードタイプギャップフォーマである。フォーマは参照番号10aで一般に示され、二つの形成ワイヤ11、12を含み、それらはヒッチロールとガイドロールの支援でエンドレスワイヤループ(図示されていない)を形成する。ロールについて、図2は第一形成ワイヤ11のワイヤループ側で第一プレストロール13を示し、そのプレストロールを通過して第一形成ワイヤ11が脱水領域と吸引ロール16にガイドされ、その吸引ロールはこの具体例では、第一ワイヤループを形成するために形成領域の後方に第一形成ワイヤ11をガイドし、そこから、それに対応して、形成されるウェブWは更に第一形成ワイヤ11によって支持されるか又はダッシュ線と図1と同様に対応するように参照符号W'で示されたような処置を続けるためにガイドされる。吸引ロール16は、吸引ゾーン18又は他のそのような吸引領域を限定する内部の軸方向シール17を持って提供されている。それに対応して、第二プレストロール14は第二形成ワイヤ12のワイヤループ側で示され、そのプレストロールを通過して、第二形成ワイヤ12が脱水領域にガイドされ、この具体例では、ガイドロール15が第二ワイヤループを形成するために、形成領域の後方に第二形成ワイヤ12をガイドするガイドロール15が示されてい

40

50

る。プレストロール13、14は、それらを通過し脱水領域に移動する形成ワイヤ11、12がそれら間で楔形状形成間隙Gを形成し、そこにリップジェット2としてストックをヘッドボックス1が供給するように配置される。

#### 【0022】

フォーマ10aでは、二つの連続した脱水ゾーンZ1、Z2があり、そこからヘッドボックス1のリップジェット2が第一脱水ゾーンZ1の領域に導かれる。第一脱水ゾーンZ1は形成シュー3、3aを含み、そこで形成シューに対応する形成ワイヤ11、12に接触している表面が、形成ワイヤ11、12間で移動するウェブW内に脈動的な脱水が起こらないように曲面形状を与える。従って、図2で示したような具体例では、二つの形成シュー3、3aがあり、それらは、両形成ワイヤ11、12、即ち、両方向を通過して、形成ワイヤ11、12間に置かれた繊維  
10  
ストックから水を取除くために、形成ワイヤ11、12の反対側に交互に並べられる。図2に示した方法では、第一形成シュー3は第二形成ワイヤ12を通し水を取除くために使われ、それに対応して、第二形成シュー3aは第一形成ワイヤ11を通し水を取除くために使われる。脱水を増大させるために、形成シュー3、3aは負圧源4、4aに接続される。従って、図2の表現では、第一脱水ゾーンZ1で非脈動的な形成シュー3、3aによって、形成ワイヤ11、12間で形成されるウェブの両面から水は取除かれる。この具体例は、ウェブにおけるよい対象性と充填材分布を可能にする。形成シュー3、3aはそれらの機能と構造に関し相似である。形成シュー3と第一脱水ゾーンZ1の前端に関する構造と機能に関しては、図3、4と4aを参照する。

#### 【0023】

第一脱水ゾーンZ1には第二脱水ゾーンZ2が後続し、そこで、形成ワイヤ間で移動するウェブW内に脈動的な脱水が起こる原因となる。図2に示した具体例では、第二ワイヤループ内、第二形成ワイヤ12側で、固定脱水ブレード21が並べられるような方法で、脈動的な脱水は生じ、その脱水ブレードは第二形成ワイヤ12に寄りそって支持され、クロスマシン方向に置かれる。固定脱水ブレード21は、クロスマシン方向に間隙22がそれらブレード間で形成されるように配置される。固定脱水ブレード21は、好ましくは、負圧源23に接続された吸引ボックスの底面を形成するために配置される。負圧源23により作られる負圧は、固定脱水ブレード21間の間隙22経由でウェブWに適用される。

#### 【0024】

第一ワイヤループ内部、第一形成ワイヤ11側に、脱水ブレード24が配置され、それが制御  
30  
できる方法で第一形成ワイヤ11に対し荷重を掛けることが出来る。制御された脱水ブレード24はクロスマシン方向にあり、制御された脱水ブレード24が固定脱水ブレード21間に置かれている間隙22に位置するように特に配置される。これらの脱水ブレード(固定/制御)21、24と荷重を掛ける要素と吸引ボックス23の組合せを用いて、脈動的な脱水はウェブW内にもたらされる。図2に図示したように、制御された脱水ブレード24は、少なくとも第二脱水ゾーンZ2の一部に配置され、好ましくは、第二脱水ゾーンZ2の前方部分に配置される。それらのブレードは、例えば、図1の説明でなされたように、実際、第二脱水ゾーンの全長さに沿ってまた配置されるであろう。同様に、図1の配置はまたこの点に関し図2の配置と相似であろう。

#### 【0025】

従って、図2の表現では、第一脱水ゾーンZ1は、二つの曲面で連続して配置されている形成シュー3、3aによって形成され、これら形成シューは形成ワイヤ11、12の反対側に配置され、形成ワイヤ11、12がそれらの上を移動している。各形成シュー3、3aは上面を形作り、穴、開口部、溝、間隙または6のようなもの(図3と4)を提供している曲面デッキ5を持つ。形成シュー3、3aは、形成シューの下で負圧が形成ワイヤ11、12間にあるストックから水を取除くために配置されるような方法で、負圧源4、4aに接続される。穴、開口部、間隙、溝又は6のようなものは、形成シュー3、3aのデッキ5において、該デッキ5が大きな表面積、好ましくは、50-90%、を持つように配置され、それらの形状及び/又は配置により、それらがウェブWで何らの圧力の脈動を起こさないように配置される。もし形成ワイヤ11、12の張力により、ある角度が、クロスマシン方向で、形成ワイヤとデッキ中の  
50

開口部との間で形成されると、圧力脈動はウェブW内で生じるであろう。もしも開口面が、穴によって又は実用上マシンの長手方向に位置する間隙又は開口部によって形成されるならば、圧力脈動は起こらないであろう。穴6又はそのようなものは、デッキ5に関して図3と4に示すように、最も効果的に斜めに配置される。デッキ5に関して穴6又はそのようなものの迎角は小さい。デッキ5は以前に述べたように曲面形状を与え、デッキ5の曲率半径Rは600と4000mmの間の範囲にあり、好ましくは、800と3000mmの間である。デッキ5の領域内でワイヤ11、12のオーバーラップ角は3と45度間であり、好ましくは、5と30度の間である。

#### 【0026】

図3を詳細に見ることによって分かることとして、ヘッドボックス1のリップジェット2は、形成シュー3と反対の形成ワイヤ側上の形成間隙Gに向けられる、即ち、図中の第一形成ワイヤ11に向けられる。リップジェット2は、従って第一形成ワイヤ11にぶつかり、形成シュー3の前で該ワイヤ11の非支持領域Bに向けられる。これによって、ヘッドボックス1によって供給され第一形成ワイヤ11によって輸送されたストックは、形成シュー3の前端又はチップ7に当たらないであろうが、しかし噴流はデッキ5の領域内でチップ7の後方でのみ形成シュー3と出会う。従って、形成シュー3の前端は、全く水を取除かないであろう、これは操作上本質的に重要である。ヘッドボックス1のリップジェットが形成シュー3のデッキ5の領域中でのみ形成ワイヤ12と出会うので、これはまた、リップジェット2が形成ワイヤ12と出会う前に、形成ワイヤ12とリップジェット2とで輸送される空気を、デッキ5中の穴6を通して影響される負圧により取除く時間を残している。所望の方法で、第一ブレストロール13の後方で、第一形成ワイヤ11の非支持領域にリップジェットを自由に向けることは、ブレストロール13と14が同じ面内にないことの効果で、図3に示した幾何形状によって可能になるが、しかし、図に示された表示では、形成シュー3側でワイヤループ（第二ワイヤループ）のブレストロール14（第二ブレストロール）は、反対のワイヤループ（第一ワイヤループ）のブレストロール13（第一ブレストロール）よりもより高い位置である。従って、ストックの供給方向に関し、形成シュー3側のブレストロール14は、反対側に位置するブレストロール13の後方に置かれる。この横方向シフトは、図3の参照符号Aによって示される。脱水事象は、異なった曲率を持つ形成シュー3を取り替えることによって制御したり変えたりできる。形成間隙G領域内で、その曲率の制御と脱水制御は、これまでの解決策より本質的に優れている。図3に示した解決策では、形成シュー3と参照番号101で示したヘッドボックス1のプロフィールバーは、好ましくは、ヘッドボックス1のリップジェット2と同じ側である。これは、ヘッドボックス1からワイヤセクションに、リップジェットを出来るだけ短くすることを可能にする。

#### 【0027】

対称な紙を作るために使うことが出来ることが、ブレードタイプギャップフォーマ10、10aのこのタイプの利点である、なぜならば、異なったワイヤループ側で、脱水ゾーンZ1、Z2によって取除かれる脱水分布を制御するために、負圧レベルを使うことが出来るからである。更に、ブレードタイプギャップフォーマ10、10aのこのタイプは、十分に低い乾燥物質含量を持つウェブWに荷重を掛ける要素と吸引ボックスの組合せ21、23、24に案内するのに使うことができ、これらの組合せによって、脈動的な脱水が紙/板ウェブWの形成を出来るだけ良好に達成するために使うことが出来る。もしウェブWの乾燥物質含量が非常に高いならば、紙の形成は荷重を掛ける要素と吸引ボックスの組合せ21、23、24では、もはや改善できない。また残留率(retention)がよい状態である、なぜならば、脈動なし形成シュー3は、ワイヤ11、12の張力と形成シュー3のデッキ5の曲率との間の比率（脱水圧力＝ワイヤ11、12の張力／形成シュー3のデッキ5の曲率半径、即ち、 $P=T/R$ ）に関係し、形成シュー3の負圧によって支援され、ウェブWから水を取除くからである。負圧レベルは、好ましくは、1-25kPaである。

#### 【0028】

ブレードタイプフォーマはずいぶん長い間知られていた。これらの知られていたフォー

10

20

30

40

50

マでは、第一脱水要素は形成シュールであって、ウェブ内で脈動的な脱水を引起すために使われてきた。そのような配置を持つ構成はよかったが、しかし残留率が悪く、紙は片側であった、即ち、非対称であった。米国特許出願公開No. 2001/0025697(米国特許No. 6372091)は第一脱水要素として非脈動的な形成シュールを表示し、それによって、この文献による解決策で、残留率と紙の対称性の両方が改善されると想定されてきたが、紙の良好な形成は同時に失われる、なぜならば、この非脈動的な形成シュールの後方に脱水ゾーンが配置され、それがウェブ内に十分な強さの圧力脈動を生じさせないからである。

#### 【0029】

二つ又はそれ以上の脱水ゾーンを含む脱水は、それ自体は知られている。ブレードタイプギャップフォーマで非脈動的な脱水ゾーンと併せて脈動的な脱水ゾーンとの組合せを使うことは、また知られている、そのフォーマでは、二つの形成ワイヤ間の間隙に、ヘッドボックスからストックがガイドされ、それによって第一非脈動的な脱水ゾーンは、荷重を掛ける要素と吸引ボックスの組合せを含む脈動的な脱水ゾーンに続く形成ロール（開口吸引ロール）を含む。そのような配置では、良好な残留率と対称な紙は達成されてきたが、しかし従来のブレードタイプギャップフォーマの場合に比べ低品質の形成が達成されてきた。これに対する理由は、形成ロールの回転が、形成ロール後方でウェブ中に負圧のピークを作り出し、そのピークが既に形成されたウェブを損傷させることによることを見出された。ウェブが低乾燥物質含量で荷重を掛ける要素と吸引ボックスの組合せに送られてくる結果にともなって、固定した非脈動的な形成シュールは、その形成シュールの後方で負圧のピークを何ら生じさせないことが、本発明の利点であり、それによって、荷重を掛ける要素と吸引ボックスのこの組合せで、ウェブ内に優れた形成が達成される。このことは、本発明がブレードタイプギャップフォーマとロールとブレードギャップフォーマの良好な点と長所を組み合わせていることを意味している。

#### 【0030】

図5と6は本発明の幾つかのより多くの代替具体例を示す。図5と6は、図5では参照番号30、図6では参照符号30aで一般に示されているロールとブレードギャップフォーマを示す。フォーマ30、30aは二つの形成ワイヤ11、12を含み、それらはヒッチロールとガイドロールを用いるエンドレスワイヤループ（示されていない）内に形成される。ロールについて、図5と6は、第一ブレストロールを通して第一形成ワイヤ11が脱水領域にガイドされる第一形成ワイヤ11のワイヤループ側での第一ブレストロール13と、第一ワイヤループを形成するために形成領域の後方に第一形成ワイヤ11をガイドする第二形成ロール37又は他のそのような吸引ロールとを示す。第二形成ロール37は、ロール内部横方向シール(internal crosswise seal)38によって限定された吸引ゾーン39を備え、その吸引ゾーンは上述の吸引ゾーン39の後方で形成されるウェブWが第一形成ワイヤ11に続くであろうことを確かにさせるために使われ、その吸引ゾーンの上でウェブWが巻上ロール（示されていない）に取り上げられ、それによってウェブWが巻上織物に転送され更に圧縮セクション（示されていない）のような連続する処理に送られる。

#### 【0031】

従って、形成ロール34（第一形成ロール）は第二形成ワイヤ12のワイヤループ側に示され、その形成ロールを通過して第二形成ワイヤ12は脱水領域と第二ワイヤループを形成するために形成領域の後方に第二形成ワイヤ12をガイドしているガイドロール40とにガイドする。脱水領域に転送している形成ワイヤ11、12がそれら間で楔形状形成間隙Gを形成するように、ブレストロール13と形成ロール34は配置され、その間隙にヘッドボックス1がリップジェット2としてストックを供給する。形成ロール34は、開口面、例えば、有孔面を持って提供され、ロールの内部軸、即ち、横方向シール35によって限定された吸引ゾーン36を含んでいる吸引ロールである。

#### 【0032】

フォーマ30、30aは二つの連続する脱水ゾーンZ1、Z2を持ち、ヘッドボックス1のリップジェット2は第一脱水ゾーンZ1の領域に導かれる。第一脱水ゾーンZ1は非脈動的な脱水ゾーンで、実際、次のような二つの部分に分けられる、非脈動的な脱水ゾーンの第一部分は

第二形成ワイヤ12側に置かれている形成ロール34を含んでおり、同様に、第二部分は形成ロール34の後方に置かれ、第一形成ワイヤ11側に置かれている形成シュー3を含んでいて、その形成シューでは第一形成ワイヤ11に接触する表面は曲面で与えられる、その結果として、形成ワイヤ11、12間で移送するウェブW中で何らの脈動的な脱水を引起こさないであろう。これらの実施例で使われる形成シュー3は、負圧源4に接続され、図1のフォーマに関連して既に記載したものと相似なものであり、その構造と機能は図3、4と4Aの助けを借りて詳細に記載された。これに関し、これまでの明細書が参考にされる。

#### 【0033】

これらの実施例においてもまた、第一脱水ゾーンZ1は第二脱水ゾーンZ2によって引き継がれ、そこで脈動的な脱水が形成ワイヤ間を移送しているウェブW中で生じる。第二ワイヤループの内部で、第二形成ワイヤ12側に、固定脱水ブレード21が配置されるような方法で、図5によるロールとブレードギャップフォーマ30で脈動的な脱水が生じ、その脱水ブレードは第二形成ワイヤ12に寄りそって支持され、クロスマシン方向に置かれる。固定脱水ブレード21は、クロスマシン方向に間隙22がそれら間で形成されるように配置される。固定脱水ブレード21は、好ましくは、負圧源23に接続された吸引ボックスの底面を形成するように配置される。負圧源23によって作られる負圧は、固定脱水ブレード21間の間隙22を通してウェブWに作用する。図6のロールとブレードギャップフォーマ30aは、第一形成ワイヤに寄りそって支持するように、第一ワイヤループ内部、第一形成ワイヤ11側に配置された対応する固定脱水ブレード21を持つ。その他の点では、構造は負圧源23、固定脱水ブレード21間の間隙22、等々を持つ図5に関して記載されたものと同様である。

#### 【0034】

図5に示された実施例では、脱水ブレード24は、第一ワイヤループ内部、第一形成ワイヤ11側に配置され、その脱水ブレードはある制御された方法で第一形成ワイヤに荷重を掛けることが出来る。図6に示された解決策では、対応する制御される脱水ブレード24は、第二ワイヤループ内部、第二形成ワイヤ12側に配置されている。制御される脱水ブレード24はクロスマシン方向にあり、それらは特に制御される脱水ブレード24が固定脱水ブレード21間の間隙22に置かれるように配置される。これらの脱水ブレード（固定/制御）21、24と荷重を掛ける要素と吸引ボックス23との組合せでもって、脈動的な脱水はウェブW内に引起される。図5と6に示された本発明による配置では、非脈動的な形成シュー3は、従って形成ロール34の直後で形成ロール34に関しウェブの反対側に置かれる。このことは、新しい制御の可能性をもたらし、それでもって、形成ロール34に関し反対側でウェブ底面の特性を制御することが出来る。これまでは、この側でロールとブレードギャップフォーマ30における脱水の多くの制御をすることは可能ではなかった、このことは最先端技術に比べ、本発明で著しい利点が達成されることを意味している。更に、図5と6による解決策でもって、負圧で非脈動的な脱水がウェブの両面で達成され、そうすると、両ウェブ表面は脈動的な脱水領域にガイドされる。非脈動的な形成シュー3の構造は高い負圧レベルの使用を可能にし、負圧レベルで最大25 kPaまで可能になる。このことは、より良好な脱水量と同様に充填材分布のより良好な形成と制御を再び可能にする。

#### 【0035】

図7はハイブリッドフォーマに関しての本発明の使用に関する概略図である。参照番号50はハイブリッドフォーマの全体として図7に示す。知られている方法では、ハイブリッドフォーマ50は、長網ワイヤ51を含み長網ワイヤの下に配置された脱水装置を含む長網ワイヤセクションを含んでいる。ヘッドボックス1はブレストロール52の上又はその直後にストックを長網ワイヤの前端で長網ワイヤの上に供給する。長網ワイヤセクション51では、脱水は一方向のみ、即ち、後流で、配置された脱水装置53の助けで行われる。長網ワイヤセクションの脱水装置53は、図5に完全に概略的に示されていて、それらは、例えば、吸引のある又はないどちらかの脱水ブレード、種々の吸引ボックス、形成シュー又は他のそのようなものを含む。それらは、本発明の観点からは本質的ではなく、この理由で、この点について非常に詳細に記載されていない。

#### 【0036】

フォーマユニット60は、長網ワイヤ51と共に関連するフォーマユニット60がフォーマ50でツインワイヤ部分を形成するように、長網ワイヤ51の上部に据え付けられる。フォーマユニット60はトップワイヤ61を含み、そのワイヤはヒッチロールとガイドロール62、63、64、65の助けでエンドレスワイヤループを形成し、それらの第一ロール62はツインワイヤ部分の始まりで楔状の間隙Gが形成されるように長網ワイヤ51の上に調整され、その間隙に長網ワイヤ51上に供給されたストックが導かれる。間隙中でストックが終わる前に、長網ワイヤ51の脱水装置53の助けを借りてストックから、水は既に取り除かれていた。上部ワイヤループ61内部では、吸引ボックス66は搭載され、図7に示した例では、このボックスは三つの連続した吸引室66a、66b、66cに分割され、それら内で、異なった大きさの負圧レベルが所望の方法で使われよう。吸引ボックス66の後方で、負圧化された移送吸引ボックス54が、形成されたウェブWがツインワイヤ部分の後方で長網ワイヤ51に追従するであろうことを確かにさせるために、長網ワイヤ51の下に配置され、そこからウェブがその後の巻上点（示されていない）で更なる処理のために巻上げられるであろう。

10

#### 【0037】

本発明によると、上部ワイヤ61に接触している吸引ボックス66の第一室66aの下面は、図1、2、5と6による実施例に関連して、これまでに記載されてきたと同様の種類の形成シュー3によって形成される。従って、形成シュー3は図3、4と4Aの助けをかりて非常に詳細に記載されている。従って、これに関し、これまでの記述を参照にされる。吸引ボックスの第二と第三吸引室66bと66aの底面は、固定脱水ブレード21の助けで形成され、これら固定脱水ブレード21間で、間隙22があり、その間隙を通して吸引室66b、66c内で生じる負圧が、ウェブから水を取除くため、上部ワイヤ61と長網ワイヤ51間に位置する部分的に既に形成されたウェブに、影響を与えるようになっている。更に、図7に示した例では、制御された脱水ブレード24が長網ワイヤ51下部の第二吸引室66bで配置され、そのブレードは長網ワイヤに荷重を与え、更に、図7での図示に従って、固定脱水ブレード21間に位置している間隙22に置かれている。この解決策で持って、本発明のこれまでの実施例に関して既に記載されたように、その関わるブレードで脈動的な脱水が生じる。

20

#### 【0038】

従って、吸引ボックス66の第一室66aで、形成シュー3は上に記載したように搭載され、その形成シューはウェブに何らの脈動的な脱水を引き起さない。形成シュー3は更に、長網ワイヤ51上で間隙Gに達する繊維ストックが、形成シュー3の前端に当たらないが、前端の後方で形成シュー3のデッキ領域にガイドされるように配置される。従って、形成シュー3の前端は、例えば、図1に関連して記載されたと同じように、繊維ストックから水を取除かないであろう。従って、吸引ボックスの領域では二つの連続した脱水ゾーンがあり、即ち、形成シュー3の領域では第一脱水ゾーンZ1があり、それは非脈動的な脱水を生じさせるために使われ、第二脱水ゾーンは固定され、制御された脱水ブレード21、24の領域に置かれ、脈動的な脱水を生じさせるために使われる。

30

#### 【0039】

従って、非脈動的な脱水と脈動的な脱水は、例えば、図1に関連して記載されたように、例えば、図7に示した例における形成シュー3が、図1に示した例とは異なって、形成ワイヤ51、61に関し固定脱水ブレード21側に置かれていても、同じ方法で、順々に同じ順で起こる。従って、先端技術と比較して図7による解決策の利点は、図1に示した例での利点と同じ方向にあり、大部分は相似である。形成シュー3によって可能にされる高脱水容量は、ツインワイヤゾーンに入ってくる各紙等級の濃度が作られる紙等級に従って最適にされ得ることを可能にする。これによって、長網ワイヤストレッチは、また短縮され、更にウェブ厚さがツインワイヤゾーンの入口点で現在よりもより大きな範囲内で変えられるであろう。

40

#### 【0040】

上述の如く、本発明による新しいフォーマは、その構造に関することと操作技術的条件とにおいて二要素の組合せであり、ロールとブレードギャップフォーマ、ブレードタイプギャップフォーマとハイブリッドフォーマのすべての長所が、それに関係する何らの短所

50

もなく達成できるようになっている。第一要素は曲面デッキ5を持つ固定形成シュー3の新しいタイプであり、形成シューでは脱水の制御とそれをより効率的にさせるために、負圧4を使用することを可能にしている。この形成シューはウェブWの下又は上のどちらかで使うことが出来る。形成シュー3の曲面デッキ5上を移動している両形成ワイヤを通して、障害なしに同時に脱水が起こるように構成されている。デッキ5が式 $P=T/R$ に従って本質的に一定の脱水圧を与えるために構成されていることが、本発明による形成シュー3の重要な特性であり、ここで、 $P$ =形成シュー上を移動する形成ワイヤ間に位置する水の圧力、 $T$ =外部繊維の張力で、 $R$ =固定した形成シューの曲率である。本目的は、脱水が負圧のもとで増大されるときでさえ、形成シューが何らの脈動的な脱水を引起さないことである。そのようなアイデアは可能で、それは、本発明による形成シューは開口面を持つ“固定ロール”のアーチである。デッキは大きな開口面領域を持ち、その開口部を通して形成シュー内部に置かれた負圧室に接続される。形成シューのデッキでの開口は、脈動的な脱水を回避するように形成され、もしも開口部が断面方向に本質的に向けられているならば、そのような結果となるであろう。この本質的な一定圧力を達成するため、これらの開口部は丸い穴、楕円穴、マシン方向に本質的に並べられた間隙、波状間隙、デッキ上で繊維を支持するため突き出している接触面等のいずれかである。

10

**【0041】**

本発明では、第二脱水要素は最先端技術で知られていない脈動的な脱水であり、間隙を持つ断面方向の固定脱水ブレードがあり、そのブレードは、脈動効果を更に増加させるために、形成ワイヤの反対側で制御された脱水ブレードを使用することによって更により効率的にさせる脱水をもたらす。

20

**【0042】**

図1-7に示されたように、既知のタイプのフォーマに関連する欠点もなく、それらのフォーマの利点を達成するために、脱水要素の二つの異なったタイプの組合せには、いくらかの異なった方法がある。脱水要素のこの組合せによって提供される相乗効果に関する理由は次のようなものである。

**【0043】**

脱水は、Z方向の構造がロールと共に対象である結果として、両側脱水（ロールと共にまた起こるように）として非脈動的なゾーンで、最初に一定圧力で本質的に起こる。

30

ヘッドボックスのリップジェットの作用はまた、ロールに関連して起こるものに関して類似である、即ち、リップジェットは僅かに曲率を持つ表面上に向けられ、その曲率は形成シューの凸面デッキへの負圧による脱水と関連付けられるであろう。

**【0044】**

楔状形状に縮む布地又形成ワイヤの最終的な角度は、リップジェットを多くの故障や問題に敏感にさせる。

**【0045】**

一定の圧力を持つ非脈動的なゾーンの出力側では負圧は起こらないであろう、なぜならば、このゾーンを形成する構造が固定されているからである。この方法では、ウェブ損傷効果は回避され、それは元々の一定圧力又は非脈動的なゾーンがロールによって形成されるときに起こるであろう。一定圧力ゾーンはフォーマの脱水容量を限定しないが、相対的に濡れたウェブが、第二の脈動的な脱水ゾーンの形成を改良するような能力から全利点を達成するために、脈動的な脱水ゾーンに移送されるであろう。

40

**【0046】**

本発明による非脈動的な脱水ゾーンの固定された構造の資本経費と維持経費は、ロールとスタンバイロールの対応する経費に比べより低い。

**【0047】**

本発明による非脈動的な脱水ゾーンの半径を、ロールを使用するとき実用的であるよりもより大きな範囲で変えることは可能である。ロールに比べ、形成シュー半径が修正できることは（例えば、入力端でより長い、出口端に向かってスパイラル曲線として徐々に

50

より短くする) 固定脱水ゾーンの更なる利点である。そのような場合、脱水圧は形成シューでもはや一定ではないが、まだ非脈動的のままであり、それ故に最先端技術の形成シューに比べなお利点がある。これらの両方法において半径を変えることの可能性は、非脈動的な脱水がロールを用いて行うことが出来るより、各使用でより適切になるようにいつも設計できることを意味している。

#### 【0048】

非脈動的な固定脱水ゾーンと最先端技術による脈動的なゾーンの組合せは、非脈動的な脱水と脈動的な脱水との間で、より容易な脱水率の制御を可能にし、それによって脱水ゾーンが最先端技術によるフォーマにおけるより、より良好により容易に制御され得る。従って、形成と残留率間のバランスがよりよく制御される。

10

#### 【0049】

本発明が、ここに記載し明細したどの一つの特別な構造や配置にも厳密に制限してはいないことを理解すべきであるが、添付の請求項の範囲内で修正できる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0050】

【図1】 本発明によるフォーマの有用な実施例を示す側面図である。

【図2】 図1に関連するフォーマの変形例の図1に対応する図である。

【図3】 ヘッドボックスリップジェットの当たる領域での図1と2におけるフォーマの開始端の拡大詳細図である。

【図4】 図1と2に示した形成シューのデッキ構造と有用な実施例の断面図である。

20

【図4A】 表面方向から見ている形成シューのデッキを示す図である。

【図5】 本発明に関するフォーマの異なるタイプの有用な実施例を示す側面図である。

【図6】 図5に関するフォーマの変形例の図5に対応する図である。

【図7】 本発明の本質的な部分を形成する形成シューのハイブリッドフォーマにおけるアプリケーションを示す側面図である。

#### 【図1】

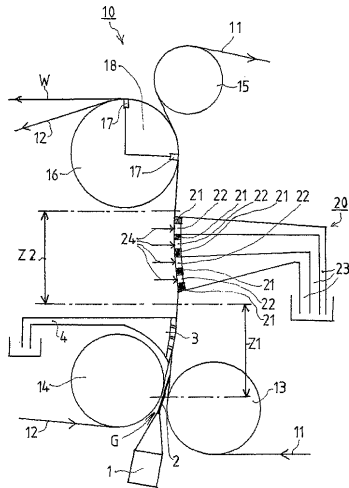


FIG.1

#### 【図2】

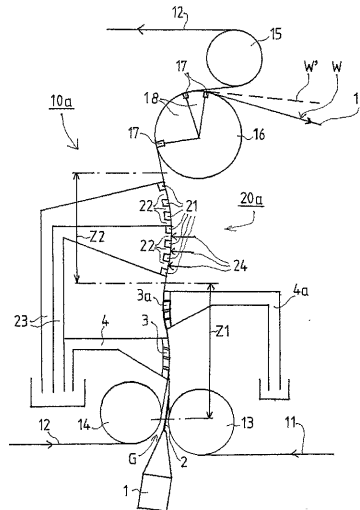
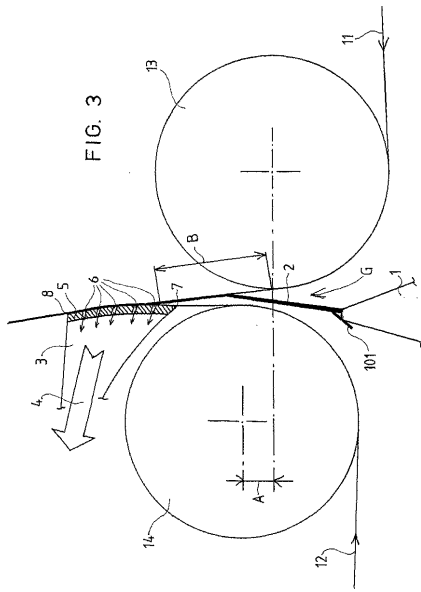


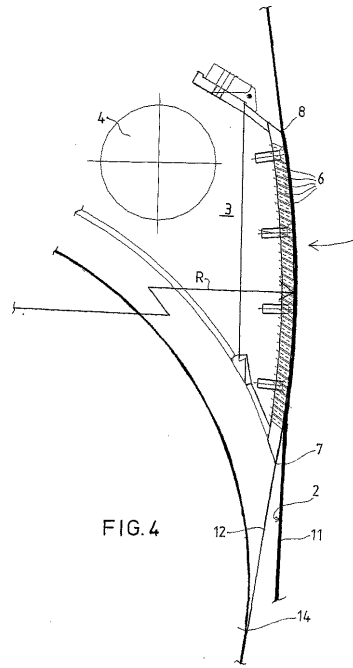
FIG.2



【図 3】



【図 4】



【図 4 A】

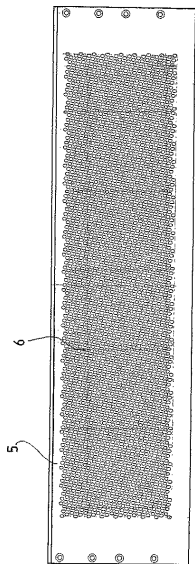


FIG. 4A

【図 5】

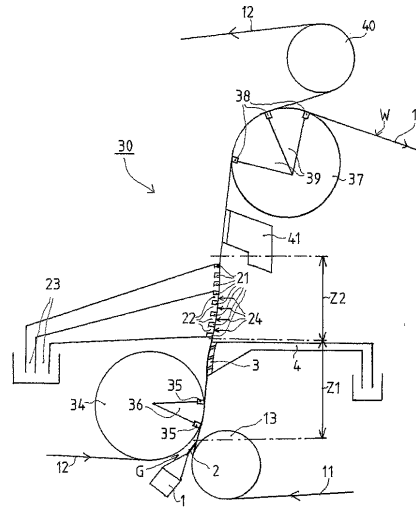


FIG. 5



## フロントページの続き

- (72)発明者 ボイコライネン, アンティ  
フィンランド国, 40250 ユバスキュラ, リトポーヤンティエ 5
- (72)発明者 アーウィン, ジェフリー, シー  
アメリカ合衆国, ウィスコンシン州 53525, クリントン, シューラー レーン 809
- (72)発明者 オデル, ミカエル  
フィンランド国, 40640 ユバスキュラ, プルヌ 10
- (72)発明者 コルホネン, ハンヌ  
フィンランド国, 40200 ユバスキュラ, ホリトゥヴァンティエ 23
- (72)発明者 プールティネン, アリ  
フィンランド国, 40700 ユバスキュラ, エサンカトゥ 28
- (72)発明者 アンティライネン, サミ  
フィンランド国, 40520 ユバスキュラ, ムーラリンティック 9ページ

審査官 前田 知也

- (56)参考文献 特表平04-507439 (JP, A)  
特開2002-220791 (JP, A)  
特開2001-348792 (JP, A)  
国際公開第00/079041 (WO, A1)  
特開平08-013377 (JP, A)  
特開平05-071091 (JP, A)  
特開2002-155485 (JP, A)  
特開平04-194093 (JP, A)  
特開昭63-282392 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int. Cl., DB名)  
D21F1/00-13/12

(12) **United States Patent**  
**Anzel et al.**

(10) **Patent No.:** **US 9,856,603 B2**  
(45) **Date of Patent:** **Jan. 2, 2018**

(54) **PROCESS FOR PRODUCTION OF A FIBROUS PULP WEB**

(71) Applicant: **Andritz AG**, Graz (AT)

(72) Inventors: **Andreas Anzel**, Graz (AT); **Klaus Gissing**, Judendorf-Strassengel (AT); **Thomas Scherb**, Sao Paulo (BR); **Wilhelm Mausser**, Graz (AT)

(73) Assignee: **ANDRITZ AG**, Graz (AT)

(\*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

(21) Appl. No.: **15/283,636**

(22) Filed: **Oct. 3, 2016**

(65) **Prior Publication Data**

US 2017/0096775 A1 Apr. 6, 2017

(30) **Foreign Application Priority Data**

Oct. 5, 2015 (AT) ..... A 50843/2015

(51) **Int. Cl.**  
**D21F 5/18** (2006.01)  
**D21F 1/76** (2006.01)

(52) **U.S. Cl.**  
CPC . **D21F 1/76** (2013.01); **D21F 5/18** (2013.01)

(58) **Field of Classification Search**  
CPC ..... D21F 5/18; D21F 1/76  
See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

7,662,260 B2 2/2010 Thoroe-Scherb et al.

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

EP 1 397 587 B1 2/2006

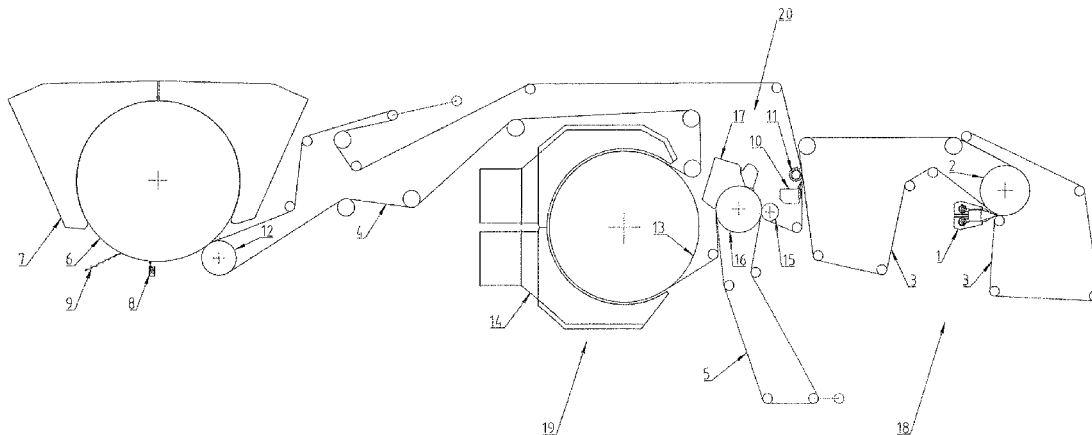
*Primary Examiner* — Mark Halpern

(74) *Attorney, Agent, or Firm* — Alix, Yale & Ristas, LLP

(57) **ABSTRACT**

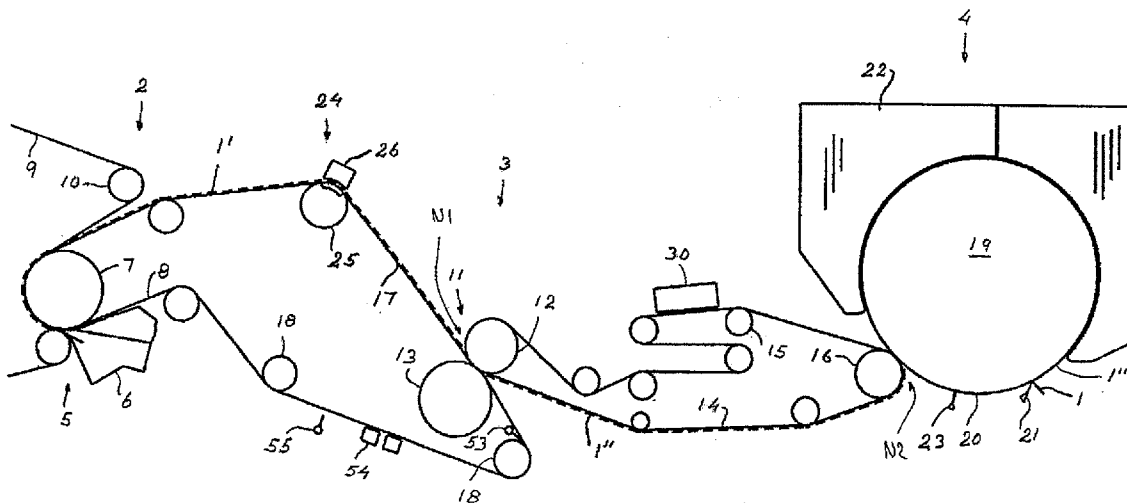
A method for producing a fibrous pulp web, in which a fibrous pulp suspension is dewatered in a Twin Wire Former to form a fibrous pulp web which is dried with a TAD dryer. A pre-dewatering device with a hood and suction roll is provided after the Twin Wire Former and before the TAD dryer. The fibrous pulp web is guided through the pre-dewatering device between exactly two machine cloths. The machine cloth between suction roll and the web is a porous felt, and the machine cloth between web and hood is a structured wire. A volume flux of hot drying fluid greater than 100 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·min), preferably greater than 250 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·min,) is drawn through the fibrous pulp web into the suction roll.

**20 Claims, 2 Drawing Sheets**





(43) **Pub. Date:** **Mar. 18, 2010**



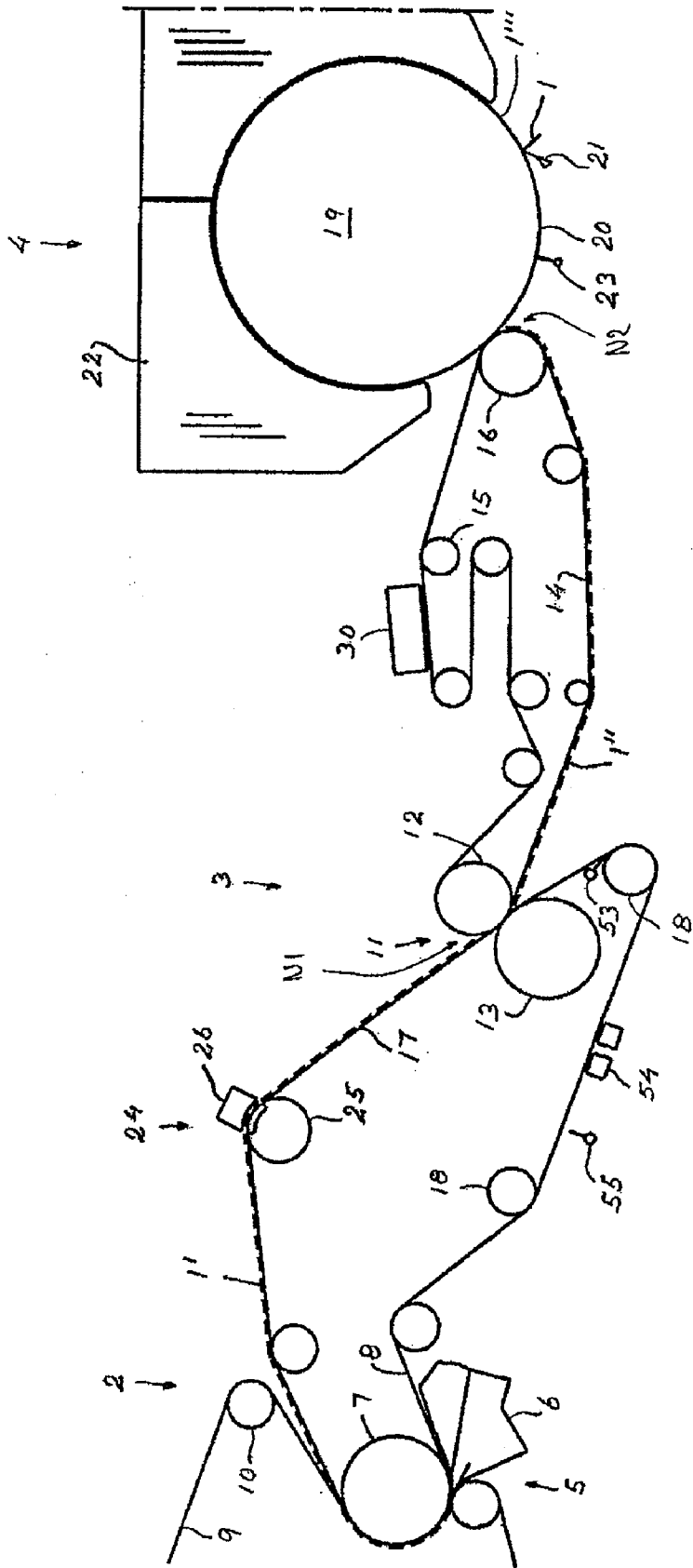


Fig.1

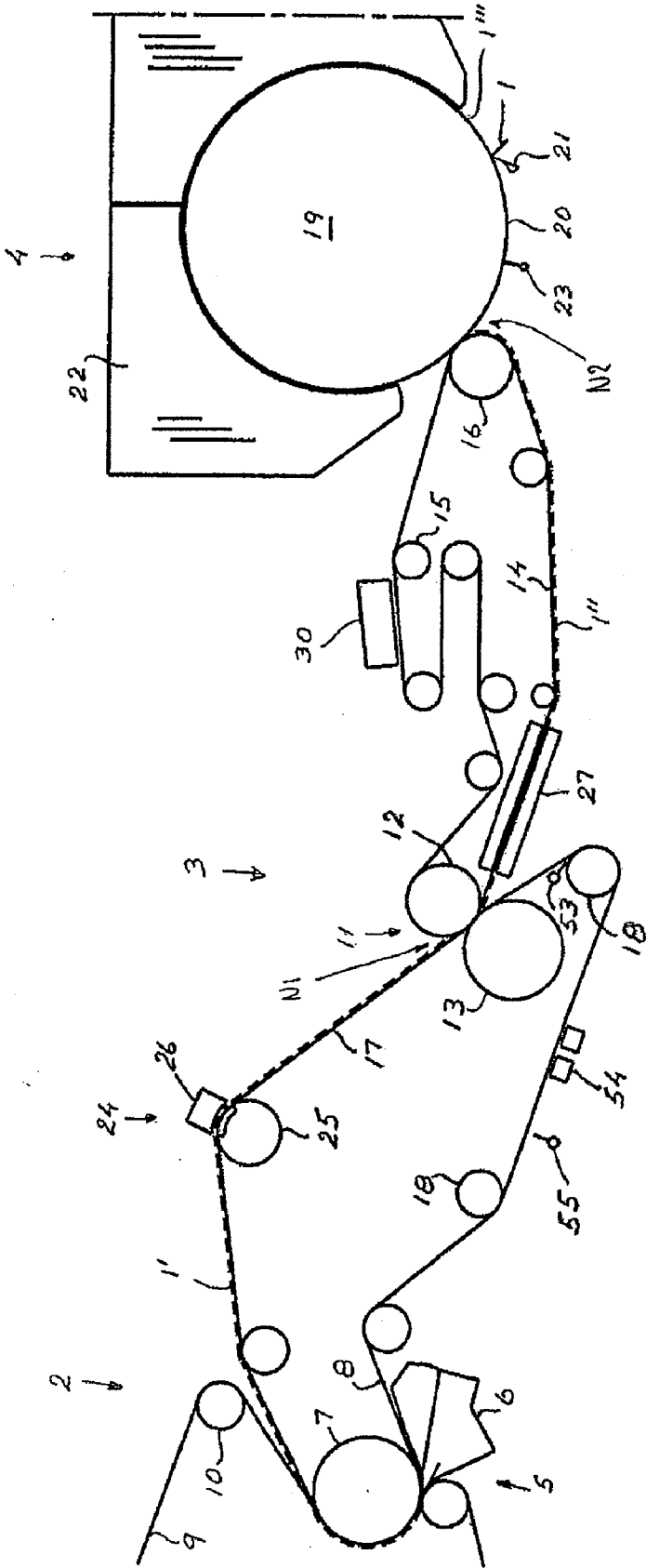


Fig. 2

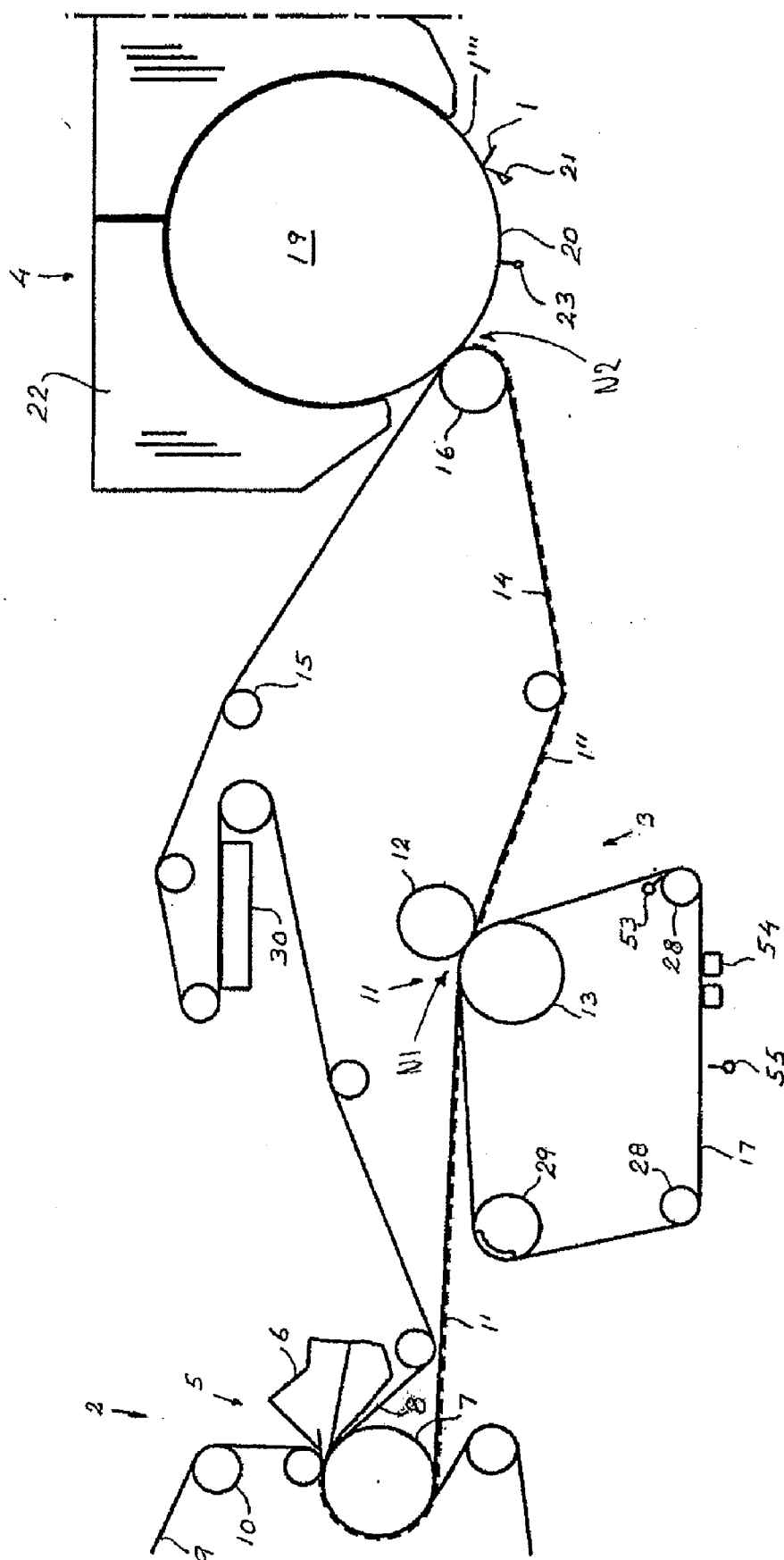


Fig. 3



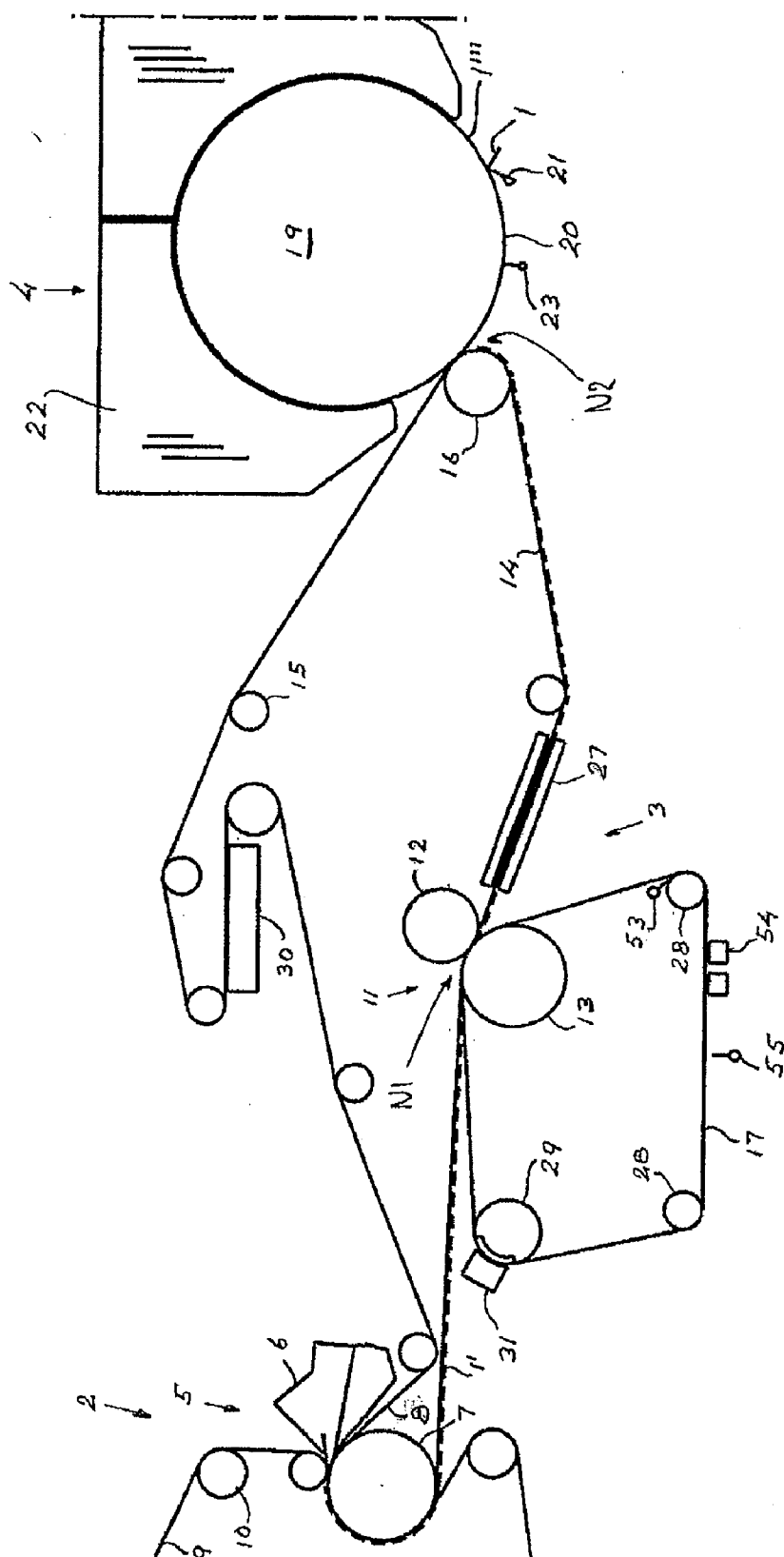


Fig. 4

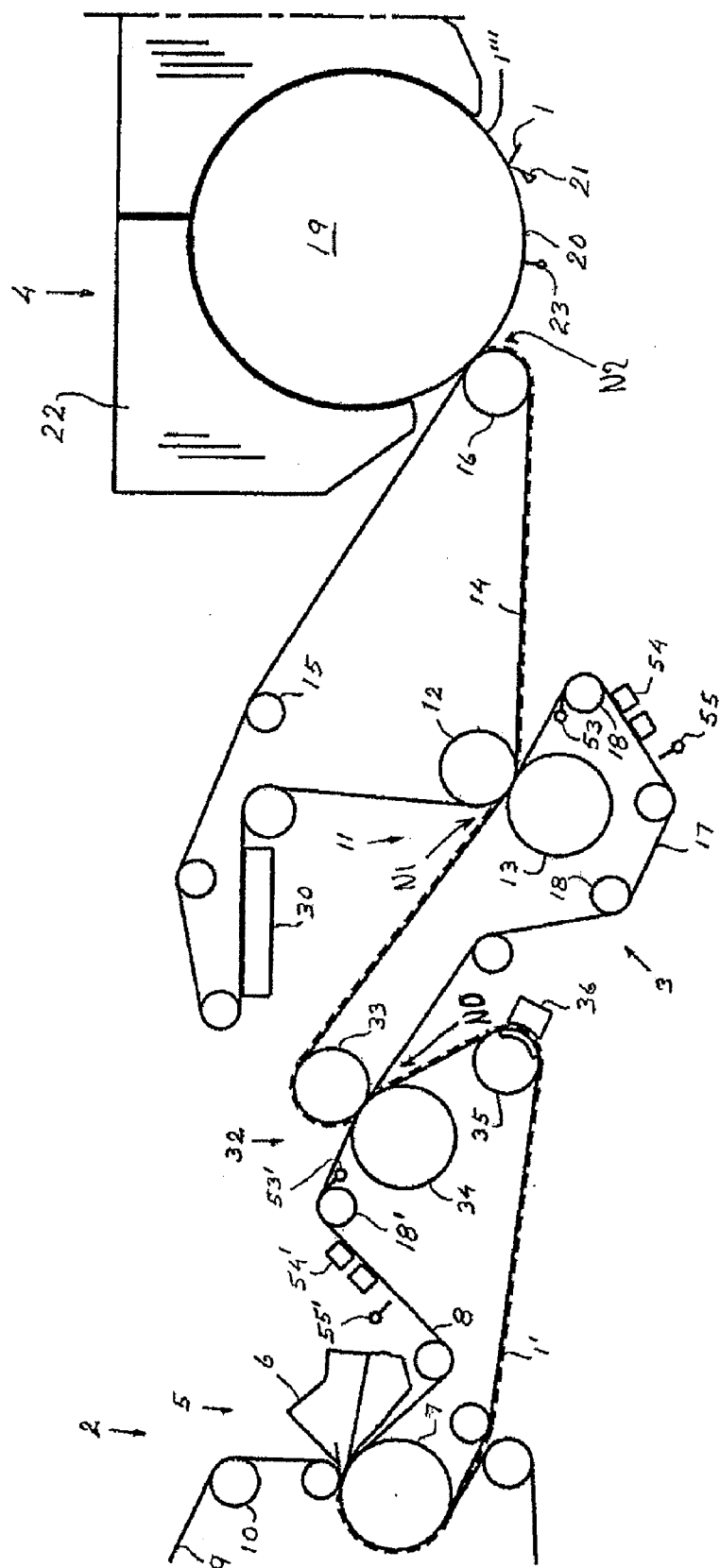


Fig. 5

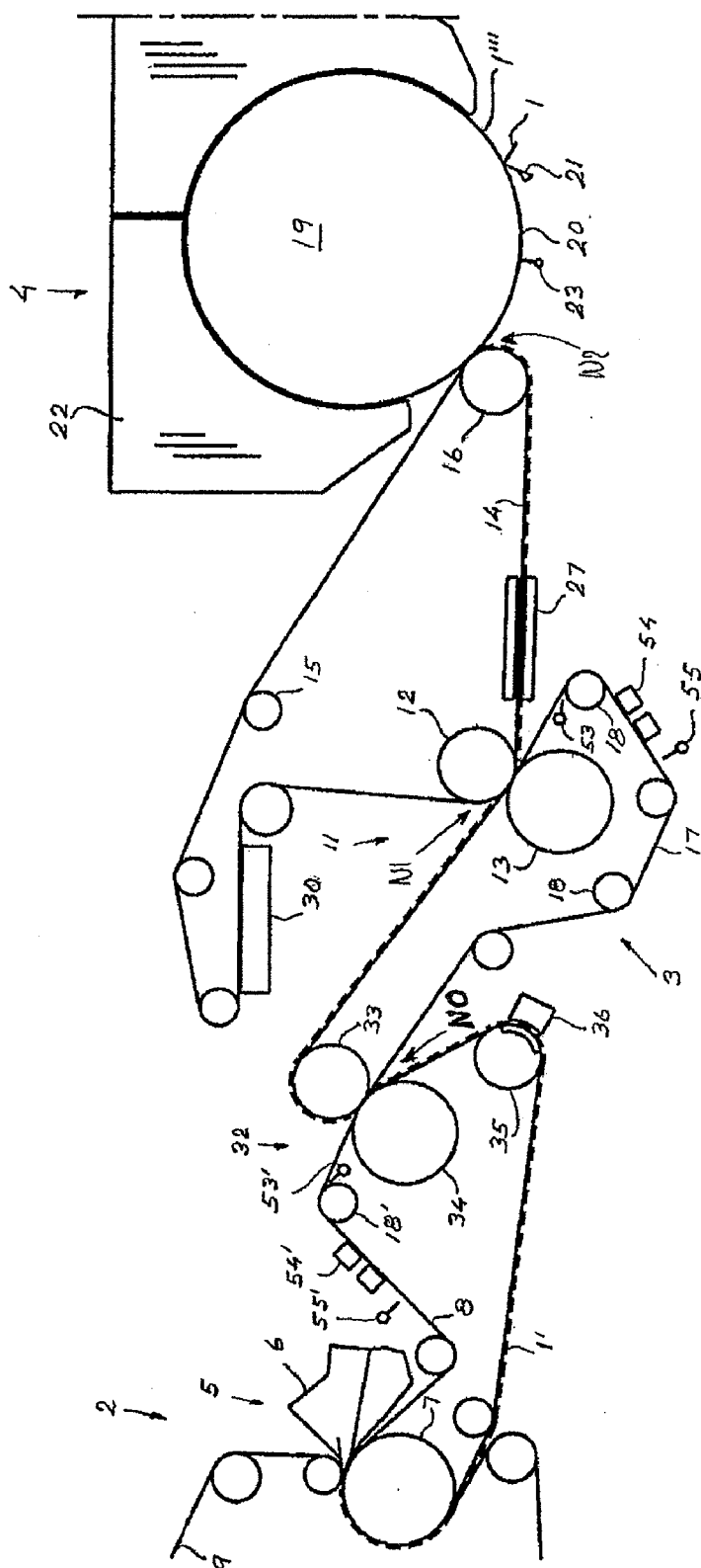


Fig. 6

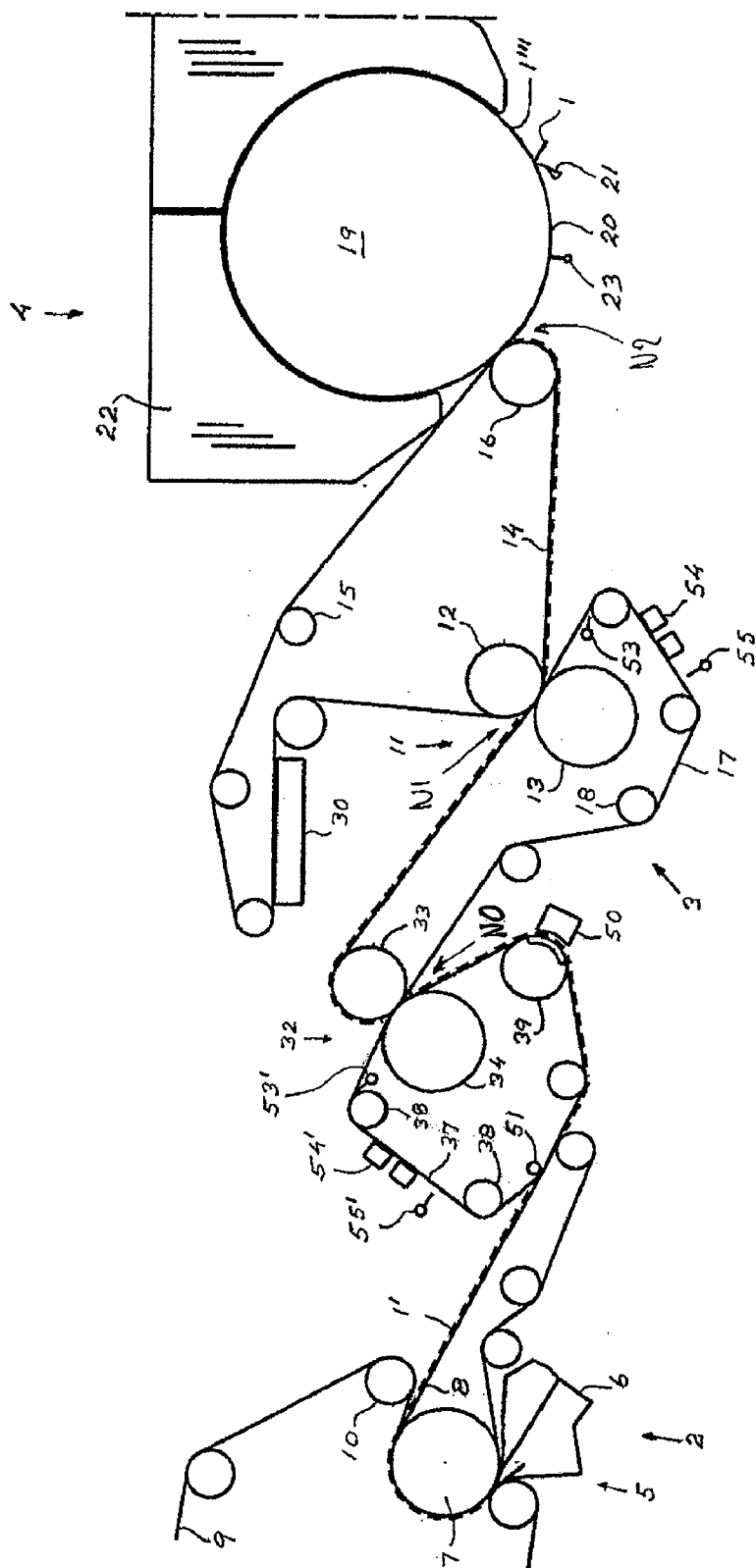


Fig. 7

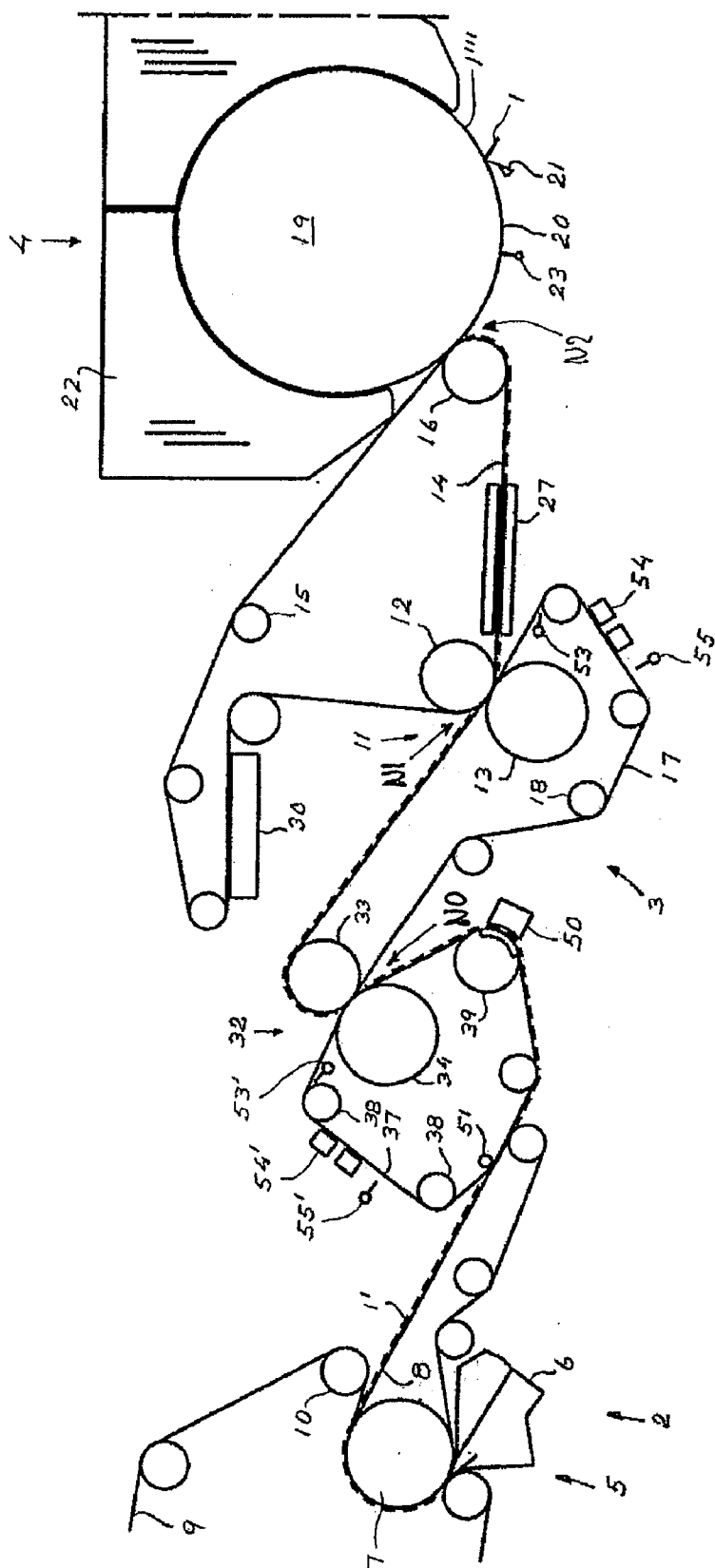


Fig. 8

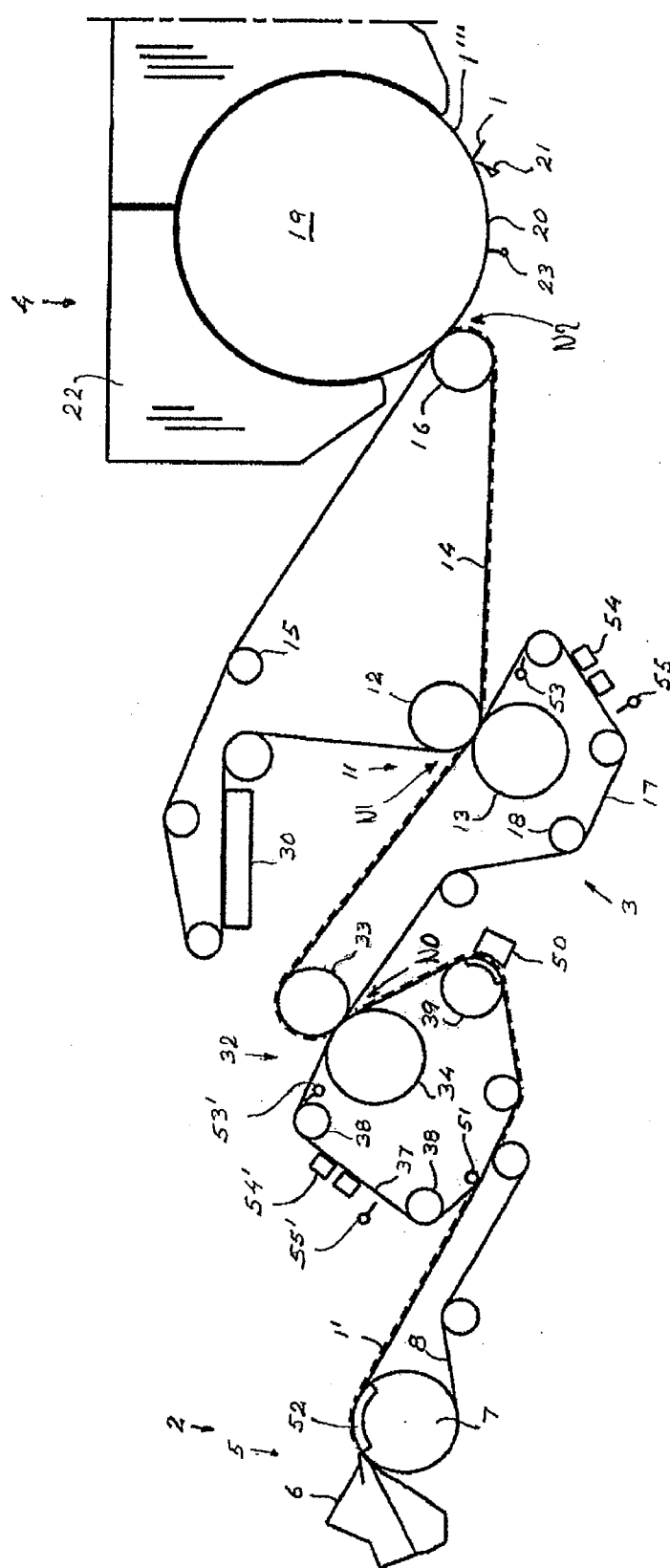


Fig. 9.

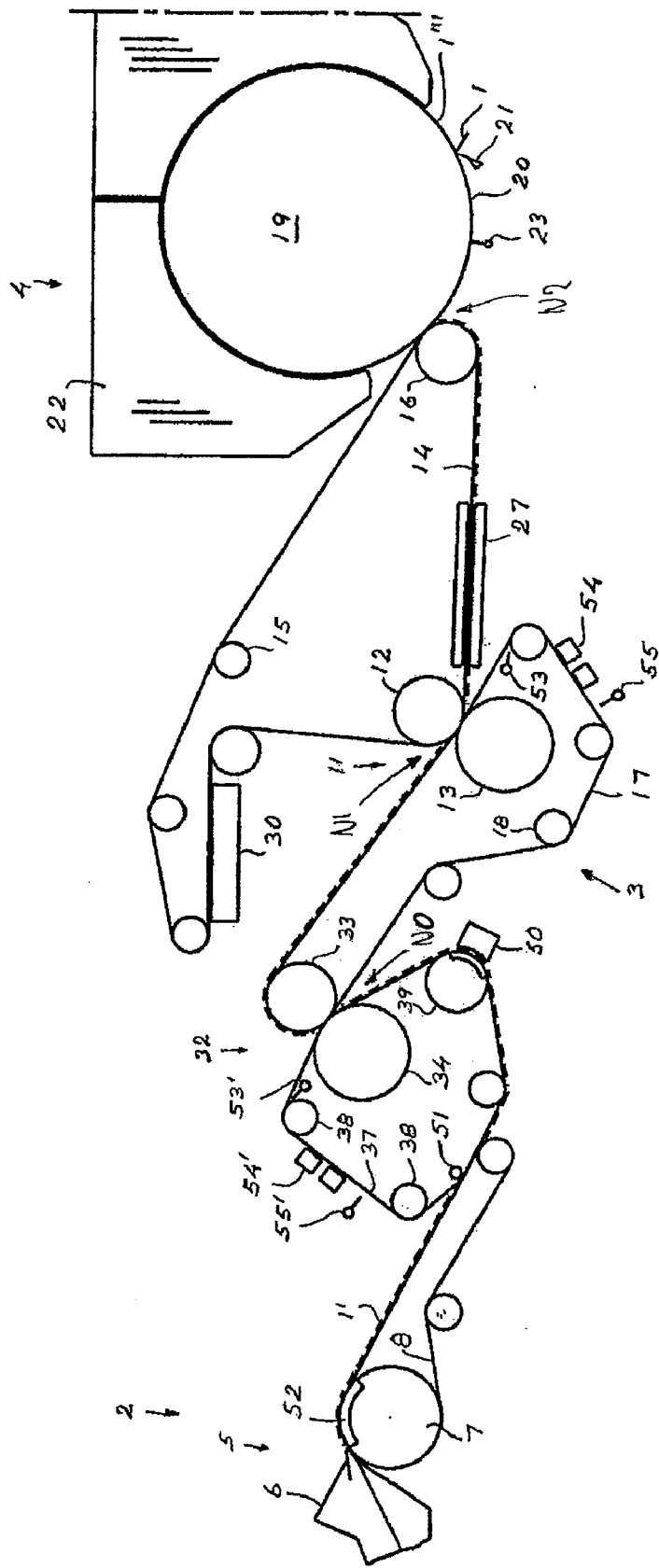


Fig. 10





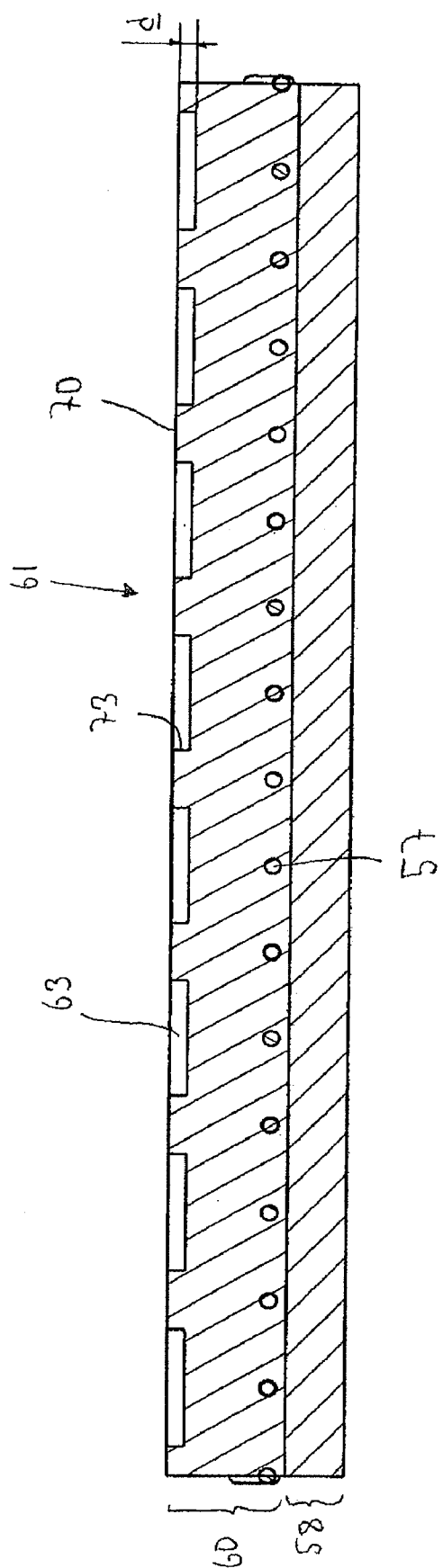


Fig. 12

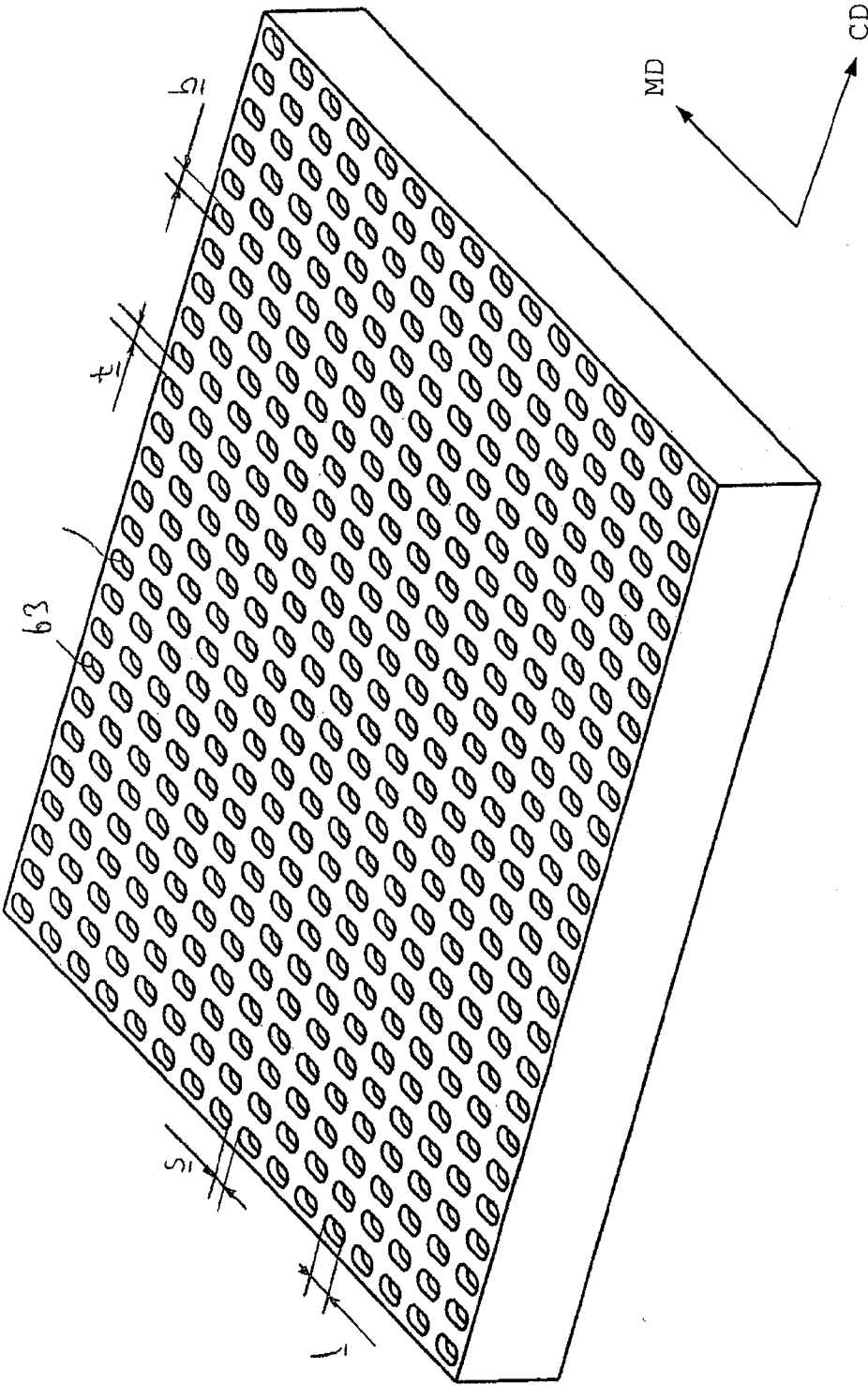


Fig. 13

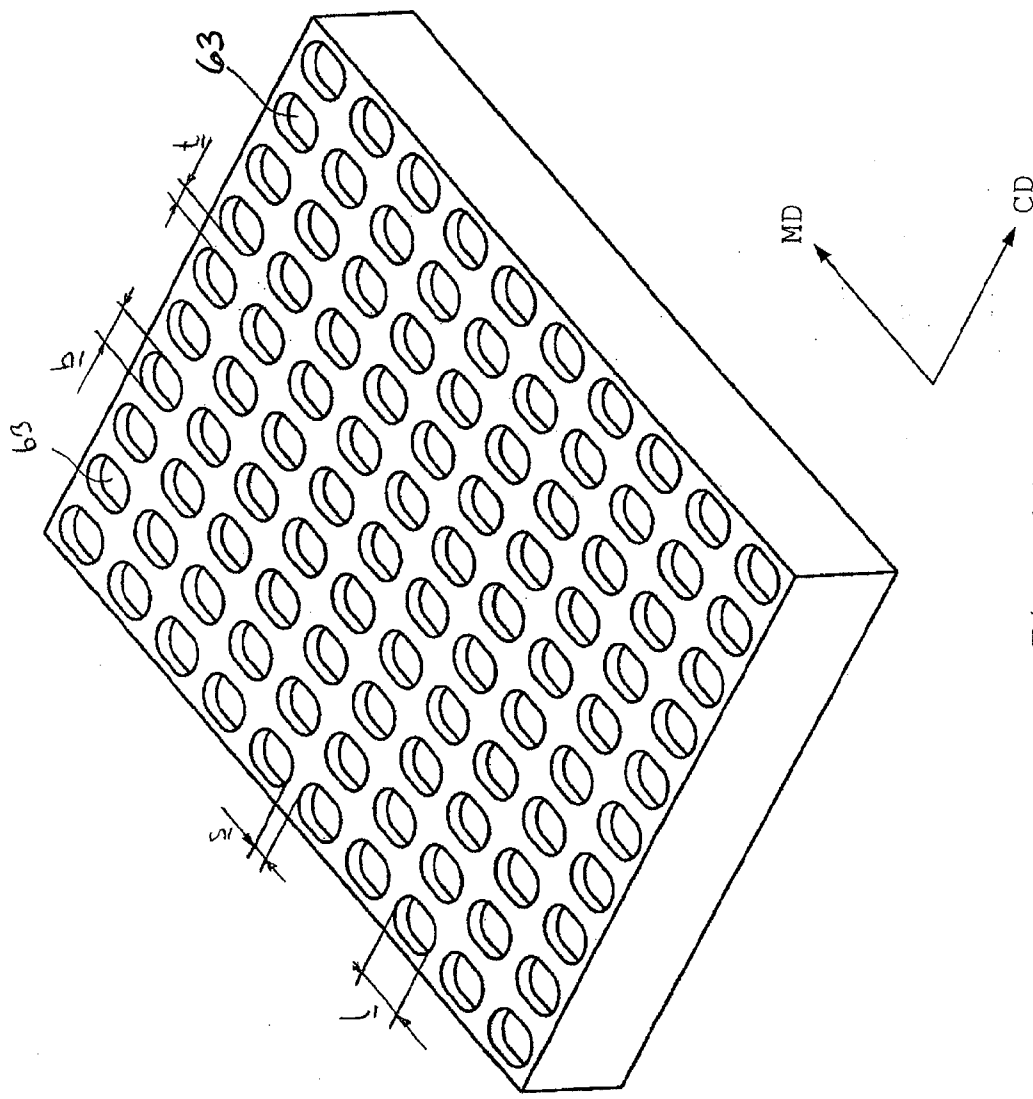


Fig. 14

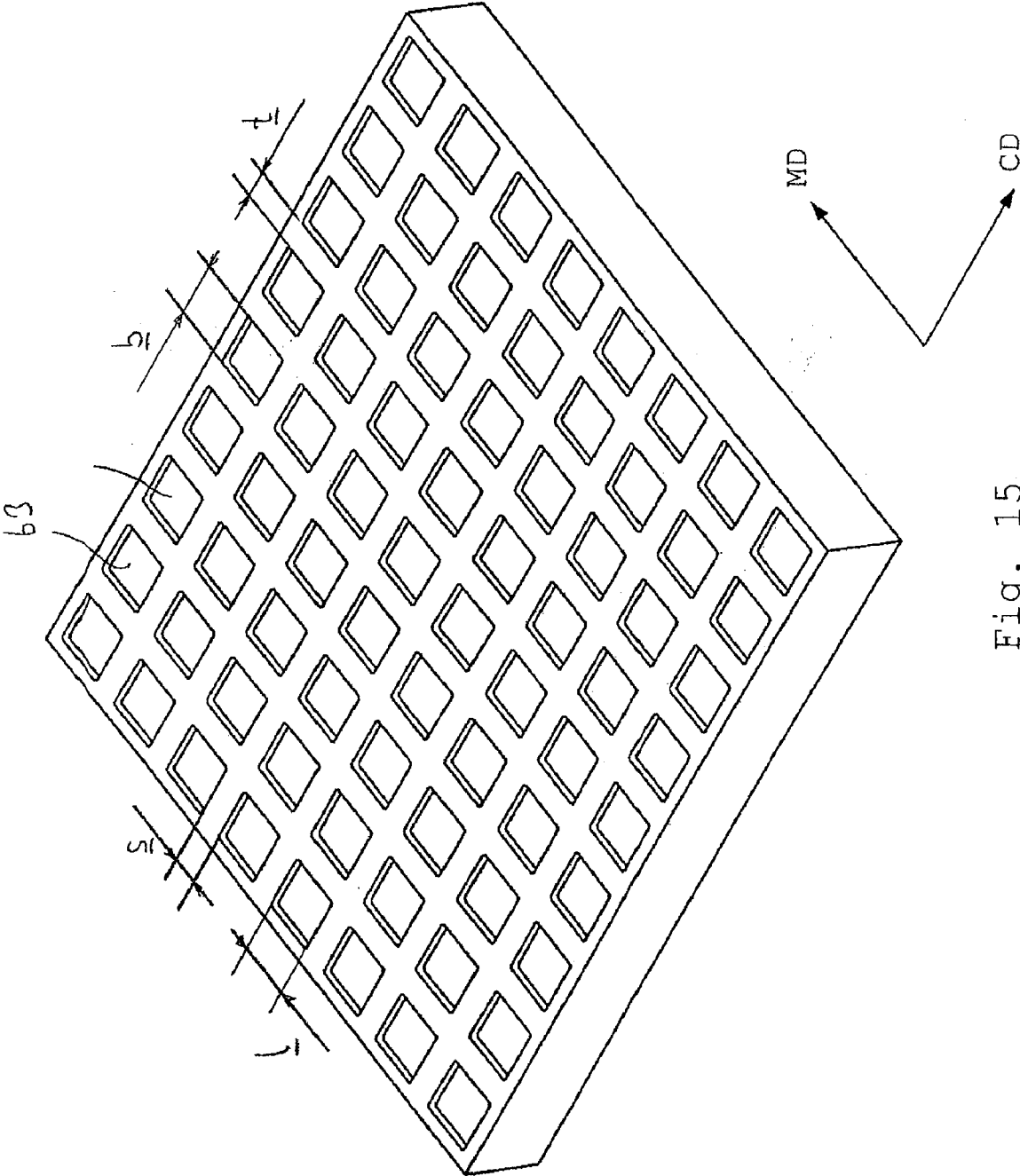


Fig. 15

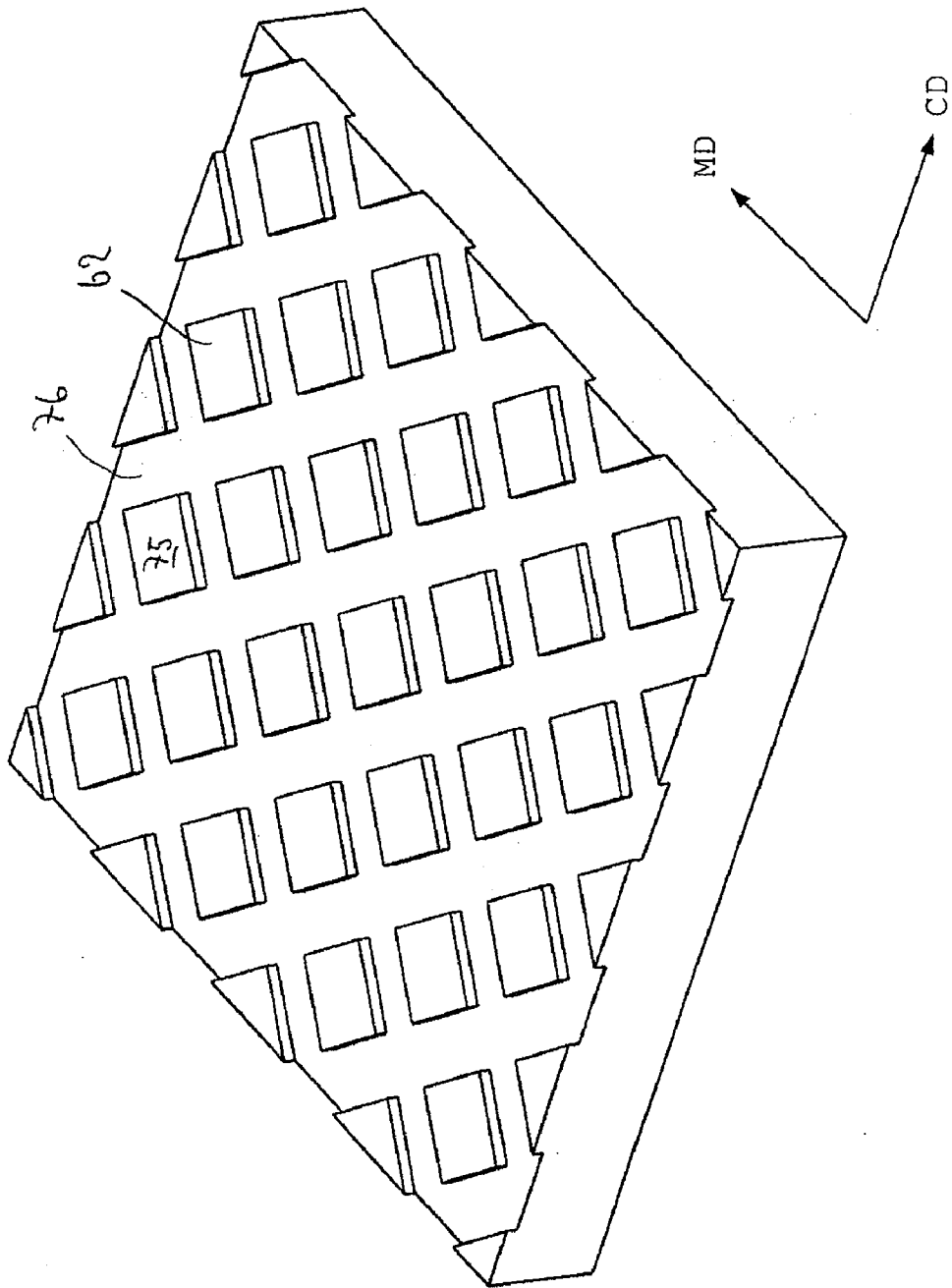


Fig. 16

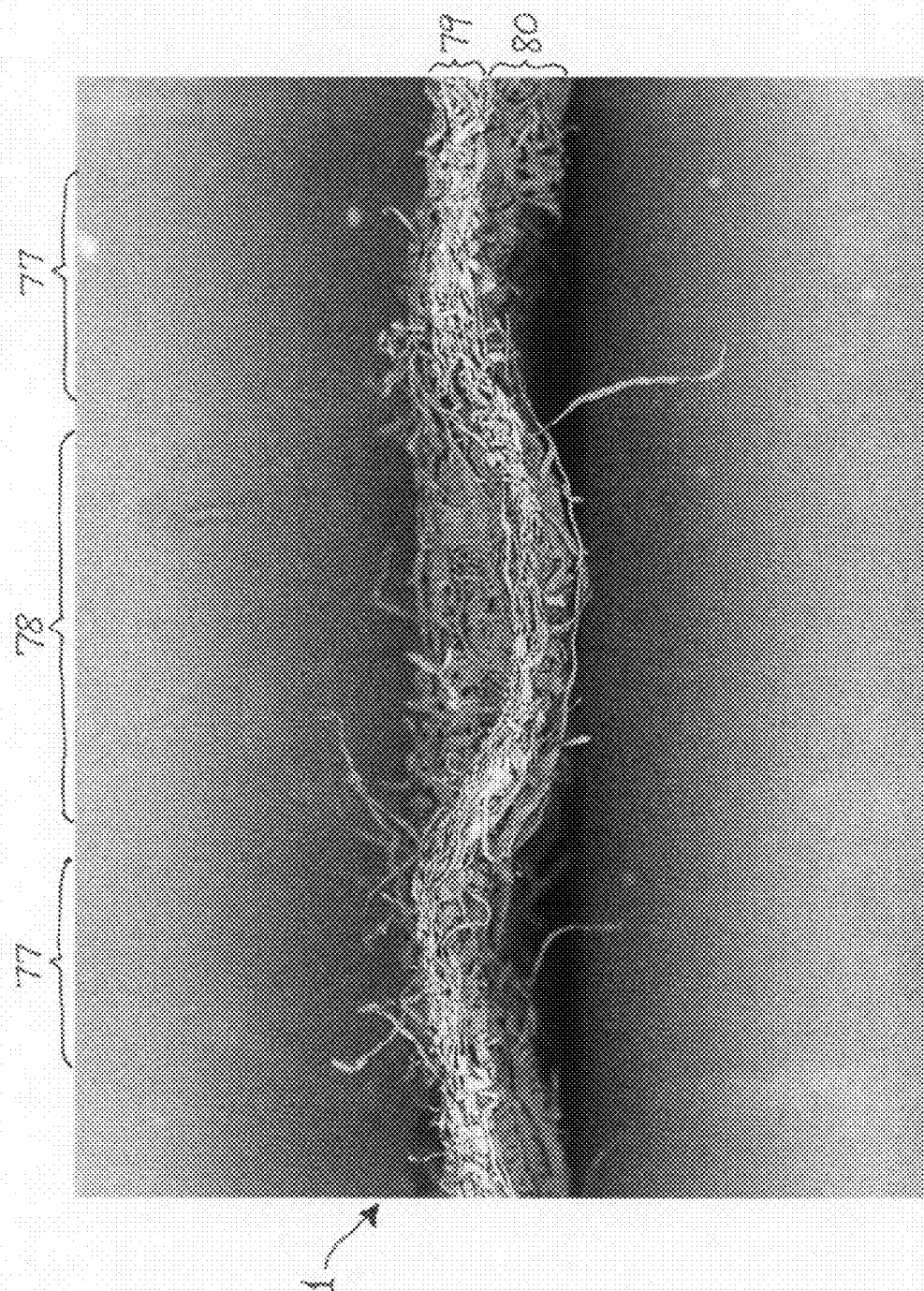


Fig. 17

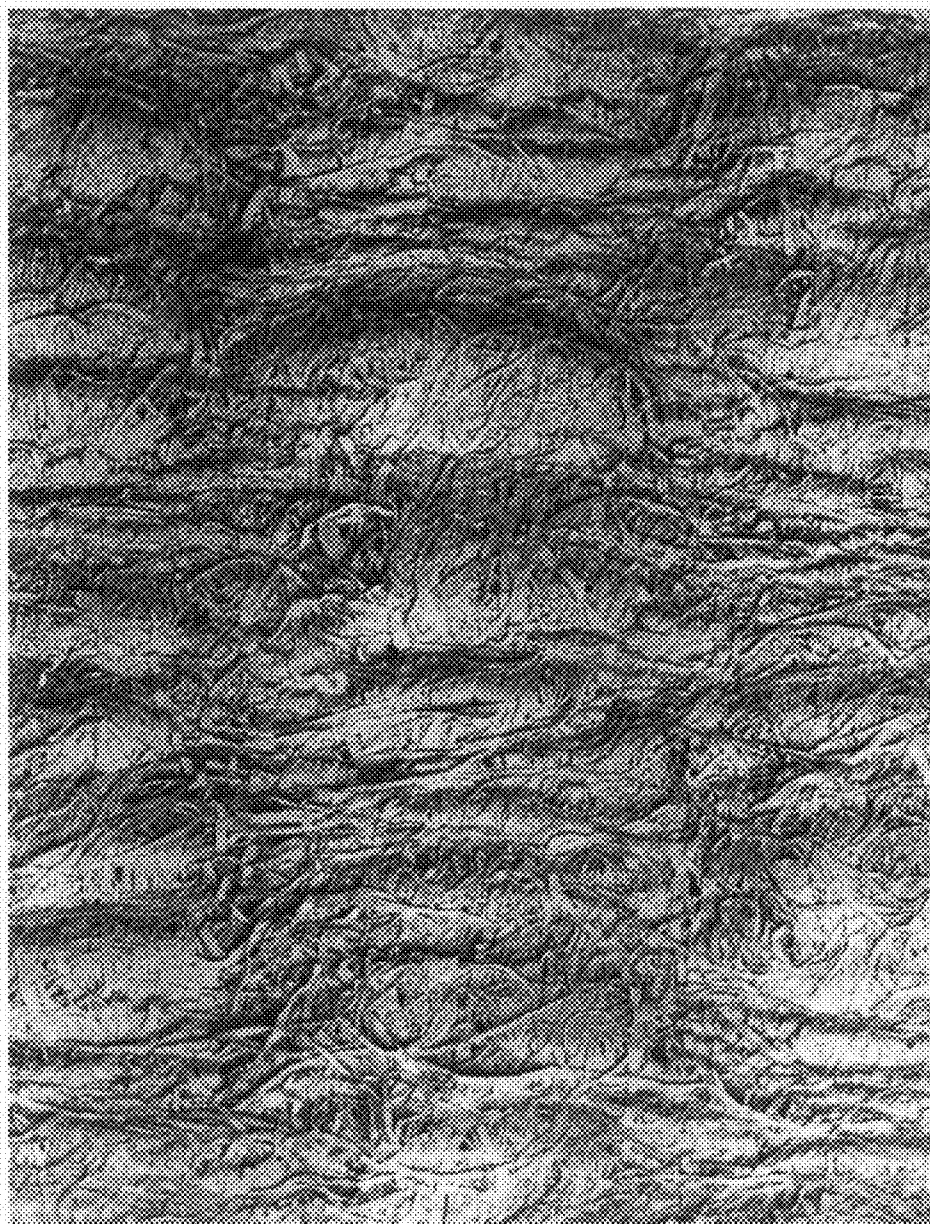


Fig. 18

# STRUCTURING BELT, PRESS SECTION AND TISSUE PAPERMAKING MACHINE FOR MANUFACTURING A HIGH BULK CREPED TISSUE PAPER WEB AND METHOD THEREFOR

## CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATION

[0001] The present application is a continuation of International Patent Application PCT/SE2008/051332 filed on Nov. 20, 2008 and published under PCT Article 21(2) in the English language, and also claims the benefit of the priority date of U.S. Provisional Patent Application Ser. No. 61/097,837 filed on Sep. 17, 2008, the entire disclosures of such applications being hereby incorporated herein by reference.

## BACKGROUND OF THE INVENTION

[0002] This invention relates to a structuring layer of a structuring belt used for structuring a wet fibrous web by means of pressing in a press section of a tissue papermaking machine for manufacturing high bulk tissue paper, wherein the structuring layer has a web-carrying side with a surface for cooperating with the fibrous web, said surface having depressions forming a three-dimensional structure of the surface. The invention also relates to a structuring belt for structuring a wet fibrous web in a press section by means of pressing in a tissue papermaking machine for manufacturing high bulk tissue paper. The invention further relates to a press section employing such a structuring belt, and to a tissue papermaking machine having such a press section.

[0003] The invention also relates to a method of manufacturing a structured high bulk tissue paper web and to such a high bulk tissue web.

[0004] The invention relates furthermore to a method of converting or upgrading an existing tissue papermaking machine.

[0005] The term "tissue paper" as used herein refers to soft paper with a basis weight usually of less than 25 g/m<sup>2</sup>. Tissue paper web having a basis weight of 10-50 g/m<sup>2</sup> (more preferably 15-25 g/m<sup>2</sup>) forms a base paper from which certain single-ply and/or multi-ply products (e.g., napkins, towels, and toilet paper) can be manufactured. The term "high bulk" tissue paper means that the bulk is about 8-20 cm<sup>3</sup>/g and the single-ply tissue paper web thickness is about 160-400 μm.

[0006] Tissue paper is manufactured from a mixture of hardwood and softwood cellulose fibers, usually from a so-called "virgin" pulp constituting fresh fibers, as opposed to recycled fibers. Alternatively, recycled fibers can be mixed in with virgin fibers to make the pulp. Depending on the particular products to be made, various mixtures of fibers can be used. For example for toilet paper and/or facial tissue, the pulp may comprise 50-90% by weight of hardwood and 50-10% by weight of softwood fibers, a preferred mixture being about 70% hardwood and 30% softwood. For paper towels, the pulp may comprise 0-50% by weight hardwood and 100-50% by weight softwood fibers.

[0007] In manufacturing creped tissue paper, typically the formed wet paper web of cellulose fibers is dewatered before final drying on a Yankee cylinder, the dewatering usually being performed by either a pressing technique or a through-air-drying (TAD) technique. In some conventional tissue machines a suction pressure roll or a blind-drilled roll is used as a press roll that presses the web against the Yankee cylinder,

but this compression of the web results in a final tissue product with relatively low thickness and low bulk such as 5-9 cm<sup>3</sup>/g. In other conventional tissue machines the web is pressed and dewatered in a double-felted pre-press before the reaching the Yankee cylinder, the pre-press being formed by two press rolls that define a press nip therebetween, but again, the rolls compress the paper web uniformly and it results in the web having relatively low thickness and bulk. It has been proposed to use an extended-nip press such as a shoe press as an alternative to the above-mentioned conventional pressing techniques, which extended- or long-nip press can apply lower pressure but provides a longer dwell time in the nip. As another alternative, it has been proposed to use a shoe press against the Yankee cylinder in order to decrease the compression of the web in the press nip, so as to increase the bulk or thickness of the web. The objective has been to achieve the same level of bulk or thickness as achieved by the TAD technique, but up to now this has not been possible. The thickness or bulk of the paper is important for the absorption ability of the paper and the feel of softness. The TAD technique therefore is still superior to the pressing technique in terms of achieving high bulk or thickness of the paper web, but it has the disadvantage that it necessarily requires higher energy consumption than is the case with a pressing technique, especially when TAD is used as a pre-drying process on a web containing a substantial amount of water to be removed. When TAD is used in place of the Yankee cylinder for final drying of the tissue web, the TAD technique requires less drying capacity than when it is used for pre-drying, and therefore has a lower energy consumption. Therefore, using TAD for final drying could be a viable alternative to the use of a Yankee cylinder.

[0008] In tissue papermaking machines that employ the pressing technique for dewatering the paper, a press felt runs together with the tissue web through the press nip, and the press felt receives water squeezed from the web and carries the water away. In order to achieve a high bulk, it is preferred to use only one press nip, but in some cases a single nip cannot achieve sufficient dewatering and hence one has to compromise and use a second press nip.

[0009] In tissue machines employing the pressing technique, it is also possible to use a "structuring clothing", which is a clothing whose web-contacting surface has a lot of voids and top portions distributed between the voids. As the structuring clothing passes along with the tissue web through the press nip, the voids receive the fiber network of the tissue web, and therefore only those areas of the web contacted by the top portions of the clothing are compressed. Furthermore, in order to reduce compression in the nip and thereby increase the bulk or thickness of the fiber web in comparison with that obtainable using smooth roll presses, it is possible to use an extended-nip press as noted above. Such a structuring clothing can be a woven wire, belt, or fabric, including but not limited to a TAD fabric. The woven structure of such a fabric forms the voids and top portions of the web-contacting surface as described above. Such a fabric can further have a special coating (e.g., of a photo-sensitive resin or other type of material) to emphasize or form the pattern to be embossed into the wet tissue web during pressing in the press nip.

[0010] The term "structuring" of the paper as used herein refers to a process in which a three-dimensional pattern of the structuring layer of a structuring belt is embossed into the wet fibrous web during a pressing process when the fibrous network structure fills the three-dimensional (3D) pattern of the



structuring belt layer, and in which fibers in the wet fibrous web are still movable relative to each other so that they are advantageously brought to new positions and directions relative to each other by the action of the elastically compressible press felt, which presses the wet fibrous web into the three-dimensional pattern or voids of the structuring belt layer, thereby promoting fiber binding between the fibers of the network and achieving partial dewatering of the wet fibrous web while achieving an increased bulk at the same basis weight, and MD and CD tensile strengths of the finally dried tissue paper web comparable to those of conventional tissue paper, and achieving an improved structure of this basic tissue paper.

[0011] U.S. Pat. No. 6,547,924 and U.S. Pat. No. 6,340,413 describe a tissue papermaking machine in which a structuring belt carries the fibrous web from the last press in the press section to the drying cylinder. However, the papermaking machine described in these references cannot produce a tissue paper of sufficiently high quality and high bulk while also achieving an acceptable dryness to make this machine concept commercially attractive/interesting. The described machines, because of the plurality of press nips required in order to meet the requirements for the dryness of the web for its runnability, do not meet the wishes of customers today to have a high bulk paper. Furthermore, there were problems with runnability of the machine, as either the web was too wet because the press felt was saturated with water and could not absorb a sufficient quantity in the nip, which led to paper breaks, or the dryness was sufficient and the runnability was good but the bulk or the quality of the final tissue paper web was too low. Additionally, the impermeable structuring belt described in these patents has a polymer web-contacting layer that includes grooves, but the dimensions of the grooves are such that the desired hydraulic pressure into the grooves cannot be created, which results in runnability problems, particularly web breaks as noted.

#### BRIEF SUMMARY OF THE INVENTION

[0012] The present invention relates to the structuring of a wet web by a 3D structuring layer of a structuring belt, and to a structuring belt comprising such a structuring layer for use in pressing technology for manufacturing a high bulk tissue paper. The structuring belt itself is a non-woven or woven clothing. This means that 3D patterns of the structuring layer are created not by a woven structure, but by other means. The bulk of the paper is maintained in that depressions defined solely within the thickness of the structuring layer (i.e., not defined by the structure of any underlying layer beneath the structuring layer) of the belt receive the fibrous network of the wet tissue web thereon and those depressions prevent compaction of the entire web structure during the pressing.

[0013] Following comprehensive research, the present inventors have realized that the structure of the structuring layer that is in contact with the web during the pressing process has great and probably crucial importance from the point of view of being able to achieve a tissue paper with a higher bulk than that previously possible in a conventional papermaking machine using the conventional pressing technique with the multiple presses or with a press roll against a Yankee cylinder, and that the structure of this layer of the structuring belt can also be used as a parameter for controlling properties of the web after the nip and for achieving a high dryness of the web in the press section in which the actual structuring of the wet fibrous web occurs.

[0014] An object of at least some embodiments of the invention is to make it possible to manufacture, at a low energy cost, a tissue paper web of high bulk comparable to that of TAD-paper, and in particular having a bulk of about 12-20 cm<sup>3</sup>/g depending on the chosen basis weight of the web, as compared to a conventional tissue paper typically having a bulk of only 6-9 cm<sup>3</sup>/g for the same basis weight. Reduction of the energy cost and energy saving are achieved by attaining a relatively high dryness (about 40-52%) directly after the first, and preferably the only, press nip, which makes it possible to avoid having to use the TAD technique as a pre-drying process in order to increase the dryness of the fiber web prior to entering the press nip for ensuring the machine runnability and avoiding the web breaks in the press nip and prior to the final drying of the tissue web. Thus the required drying capacity (including but not limited to a size of the drying cylinder and its temperature, a hood with integrated fans, air supply and so on) of the machine is reduced by 20-35%. Energy savings in the final drying section of the machine could be up to about 35%.

[0015] High bulk of a tissue paper web is an important property for the absorption capacity of the web. The single-layered paper web can then be rewound into single-layered or multi-layered finished consumer products such as sanitary paper, napkins, towels, facial tissue and toilet paper. The quality of these products is determined at least in part by their absorption capacity and their soft feel to the consumer.

[0016] In accordance with some embodiments of the invention, a structuring belt is employed having a structuring layer that defines a web-contacting surface for cooperating with and structuring of the wet fibrous web in the pressing process. The web-contacting surface of the structuring layer has voids or depressions, or alternatively elevations, forming a three-dimensional structure of the web-contacting surface, the depressions or elevations being distributed over the web-contacting surface and together constituting 20-80% of the web-contacting surface. The web-contacting surface also includes a continuous flat top surface area between the depressions or voids, or alternatively includes a flat valley surface area between the elevations, the top surface area or valley surface area delimiting the depressions or elevations, respectively. Each depression or elevation has a dimension l in a first direction (x) in the plane of the top surface area, a dimension b in a second direction (y) in the plane of the top surface area, the first and second directions (x, y) being at right angles to each other, a mean depth or mean height d (in the z-direction, which is perpendicular to the x, y-directions and extends in the thickness direction of the structured layer), and an area a as measured in the plane of the top surface area, these dimensions being defined when the belt is in a compressed state in a press nip.

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0017] The invention is described further with reference to the drawings, in which:

[0018] FIGS. 1 to 10 show ten different tissue papermaking machines with a structuring belt according to embodiments of the invention.

[0019] FIGS. 11 and 12 show a section of a structuring layer of structuring belt according to a first embodiment of the invention.

[0020] FIG. 13 shows a structuring layer of a structuring belt according to a second embodiment of the invention.

[0021] FIG. 14 shows a structuring layer of a structuring belt according to a third embodiment of the invention which has another ratio between depressions and land area.

[0022] FIG. 15 shows a structuring layer with another pattern of a structuring belt according to a fourth embodiment of the invention.

[0023] FIG. 16 shows a structuring layer with another pattern of a structuring belt according to a fifth embodiment of the invention.

[0024] FIG. 17 shows a section of a tissue paper web manufactured by a tissue papermaking machine according to the invention.

[0025] FIG. 18 shows an enlarged picture of the paper web consisting of fiber net structure.

#### DETAILED DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0026] FIGS. 1-10 schematically depict various embodiments of a tissue papermaking machine according to the present invention for manufacturing a tissue paper web 1 in which the web is structured by means of pressing, without the use of through air drying (so-called TAD) as a pre-drying process. All of the embodiments comprise a wet section 2 for forming a continuous embryonic cellulosic fiber web 1', a press section 3 for pressing and structuring the wet fiber web to achieve a structured fiber web 1'', and a drying section 4 for final drying of the fiber web 1'' and achieving a finally dried base tissue paper web 1'''. The wet section 2 of each tissue papermaking machine according to the illustrated embodiments comprises a forming section 5. In the embodiments according to FIGS. 1-8, the forming section 5 is a so-called double-wire forming section having a first forming clothing 8 and a second forming clothing 9. In particular, FIGS. 1, 2, 7, and 8 illustrate a so-called C-former, and FIGS. 3-6 illustrate a so-called Crescent former. In both of these double-wire formers, the first forming clothing 8 runs in an endless loop about and in contact with a forming roll 7 (i.e., a so-called breast roll), and the second forming clothing 9 runs in an endless loop about a plurality of support rolls 10 and about the forming roll 7 in contact with the first clothing 8. A headbox 6 is arranged for feeding a stock of cellulose fibers mixed with water between the first clothing 8 and the second clothing 9, after which the stock is dewatered through the clothing 9 such that an embryonic wet cellulosic fibrous web 1' is formed, the web 1' then being carried by the first forming clothing 8 to the next process step. In the embodiments of FIGS. 9-11, the forming section 5 is a single-wire forming section of the so-called suction breast roll type, having only a single forming clothing 8 running about the forming (breast) roll 7. These various embodiments of FIGS. 1-11 are further described below.

[0027] The press section 3 comprises a main press 11 including a first press element 12 and a second press element 13 that cooperate with each other to form a press nip between them. The main press 11 may be a roll press, a long-nip or extended-nip press such as a shoe press (not shown in the figures), or any other type of extended-nip press known in the art. The press section 3 further comprises a structuring belt 14 with a structuring layer 60 according to the present invention running in an endless loop about a plurality of supporting rolls 15, about a smooth transfer roll 16 located in connection to the drying section 4, and through the press nip N1 of the main press 11 together and in contact with the formed fibrous web 1' in order to provide pressing, dewatering, and structuring of the formed embryonic fibrous web 1' when it passes through

the press nip N1 so that a structured or embossed, partially dewatered fibrous web 1'' exits the press nip N1. The structured fibrous web 1'' is then carried by the structuring belt 14 up to a transfer nip N2 formed between the transfer roll 16 and a drying surface 20 of a drying cylinder 19. No pressing or dewatering takes place in the nip N2, but only the transfer of the partially dewatered, structured fibrous web 1'' to the surface 20 of the drying cylinder 19. In this case as illustrated, the drying cylinder 19 is a Yankee cylinder, but other types of drying sections known in the art are possible, such as a TAD-cylinder for final drying. The press section 3 further comprises a water-receiving press felt 17 that is elastically formable and compressible in the z-direction (perpendicular to the plane of the felt), running in an endless loop about a plurality of support rolls 18 and through the press nip N1 of the main press 11 together with the structuring belt 14 such that the formed fibrous web 1' is sandwiched between the structuring belt 14 and the press felt 17. The first press element 12 is located in the loop of the structuring belt 14 and the second press element 13 is located in the loop of the press felt 17. In the embodiments shown in FIGS. 1-10, both press elements 12, 13 are press rolls, but alternatively they could be elements forming an extended nip. The press felt 17 diverges from the structured fibrous web 1'' immediately after it has passed through the press nip N1 in order to prevent rewetting of the fibrous web 1''.

[0028] Immediately before the first roll 18 after the main press 11, a spray device 53 for cleaning the press felt 17 is arranged on the inside of the press felt 17 for supplying fresh or clarified white water to the wedge-shaped narrowing space between the press felt 17 and the roll 18, the water being pressed into the press felt 17 and displacing the contaminated water in the press felt 17 after pressing in the main press 11 through and out of the press felt 17 when this runs about the roll 18. Upstream of the following roll 18, suction boxes 54 are arranged on the outside of the press felt in order to withdraw and remove water from the press felt 17. Alternatively, other suction devices known in the art could be used in this position.

[0029] Once the structuring belt 14 has left the transfer roll 16 and before it reaches the main press 11, the structuring belt 14 passes through a cleaning station 30 at which the web-contacting surface of the structuring layer 60 is cleaned from contaminations.

[0030] The drying section 4 comprises a first drying cylinder 19 having a drying surface 20, which, in the illustrated embodiments, is the only drying cylinder, and advantageously is a Yankee cylinder. Alternatively, the drying section may consist of a plurality of drying cylinders, a metal belt dryer, or a TAD-cylinder with a TAD-fabric wrapped thereabout. The particular type of final drying device used is not critical to the present invention. As noted, in the illustrated embodiments the drying surface 20 of the drying cylinder 19 cooperates with the transfer roll 16 to form the transfer nip N2, and also serves to perform final drying of the partially dewatered, structured fibrous web 1''. A creping doctor 21 is arranged at a downstream point along the drying surface 20 to crepe or remove the dried fibrous web 1'' from the drying surface 20 in order to obtain a tissue paper web 1''' that is both structured and creped. The drying cylinder 19 is covered by a hood 21. The structuring belt 14 and the structured fibrous web 1'' run into the transfer nip N2 together but leave the transfer nip N2 separately because the structured fibrous web 1'' adheres to and is transferred to the drying surface 20 of the

drying cylinder 19, while the structuring belt 14 diverges from the drying surface 20 after the transfer nip N2. The pressure in the transfer nip N2 is less than 1 MPa, and could be much lower (e.g., 10 kN/m) in order to ensure that no additional compression and dewatering of the web occurs as the web passes through the transfer nip N2. In order to ensure that the fibrous web 1" is transferred and affixed to the drying surface 20, an adhesive is advantageously applied to the drying surface 20 by means of a spray device 23 at a point between the creping doctor 21 and the transfer nip N2 where the drying surface 20 is free, or by other means known in the art.

[0031] The main press 11 may be a roll press in which the two press elements 12, 13 are rolls with smooth solid mantle surfaces, or may be an extended-nip press (e.g., a shoe press) in which the first press element 12 is a smooth counter roll and the second press element 13 comprises a press shoe and an endless belt or a jacket running through the press nip of the shoe press in sliding contact with the press shoe, which exerts a predetermined pressure on the inside of the belt and on the counter roll 12. The press shoe thus constitutes a device forming an extended press nip. In a further preferred embodiment of the main press 11, the first press element 12 is a smooth counter roll and the second press element comprises a device for forming an extended press nip, said device including an elastically deformable and pressurized supporting element arranged to press in the direction towards the opposing counter roll and to generally conform its shape to a portion of the counter roll as disclosed in U.S. Pat. No. 7,527,708, which is hereby incorporated herein by reference. As an alternative to these types of extended-nip press devices, another other known type of extended-nip press could be employed.

[0032] In the embodiment according to FIG. 1, the press felt 17 of the main press also serves as the first inner forming clothing 8 of the forming section 5 so that the forming roll 7 is also located within the loop of the press felt 17. The wet section 2 in this case also comprises a predewatering device 24, namely a suction device. In this particular embodiment, the suction device 24 comprises a suction roll 25 located within the loop of the press felt 17, and a steam box 26 located on the outside of the loop of the press felt 17 in front of or opposite to the suction roll 25 for heating the water into the fibrous network of the formed fibrous web 1'. The steam box 26 in this particular case has a capacity of about 0.1-0.8 ton of steam per ton of paper. The quantity of water in the fibrous structure of the formed fibrous web 1' and in the press felt 17 is decreased with the aid of the suction roll 25 and steam box 26 from about 8-12% to 15-30%, so as to give the formed fibrous web 1' a desired increased dryness preferably of about 20-30% before entering the main press 11. A high-pressure spray device 55, such as a needle-type spray device with a water jet having a diameter of 1 mm, is arranged on the outside of the forming clothing 8 upstream of the forming roll 7 in order to clean the forming clothing 8 before it reaches the forming roll 7.

[0033] The embodiment according to FIG. 2 is similar to that of FIG. 1, except that it further includes a preheating device 27 downstream of the main press 11 in order to increase the temperature of the structured fibrous web 1" in the press 11 before the fibrous web 1" reaches the drying cylinder 19.

[0034] In the embodiment according to FIG. 3, the structuring belt 14 having the structuring layer 60 also serves as the

first inner forming clothing 8 of the forming section so that the forming roll 7 is also located within and surrounded by the loop of the structuring belt 14. In this case, the press felt 17 of the main press 11 runs in a single loop about a plurality of supporting rolls 28 and the second press element 13. The supporting roll located upstream of the second press element 13 is a suction roll 29 by means of which water is removed from the press felt 17 in order to increase the absorption capacity of the press felt 17 to dispose of relatively large quantities of water pressed out in the nip N1. One special effect with this embodiment, in which the structuring belt 14 also passes about the forming roll 7, is that it will be possible for the cellulosic fibers of the stock to penetrate into and orient themselves in the z-direction in the depressions or voids of the structuring layer 60 of the structuring belt 14 so that some of the fibers of the formed embryonic fibrous web 1' are already oriented into the depressions before pressing is started in the main press 11. Such a pre-orientation of fibers in the depressions is therefore advantageous in order to attain a higher bulk. Immediately in front of the first roll 28 after the main press 11, a spray device 53 is arranged on the inside of the press felt 17 for supplying clarified white water into the wedge-shaped tapering space between the press felt 17 and the roll 28, said water being pressed into the press felt 17 and displacing the contaminated water in the press felt 17 after pressing in the main press 11 through and out of the press felt 17 when this runs about the support roll 28. Upstream of the following roll 28, suction boxes 54 (or similar devices) are arranged on the outside of the press felt 17 in order to withdraw and remove water from the press felt 17, and a high-pressure water spray device 55 is arranged to clear the press felt 17 before it arrives at the suction roll 29, which deals with the remaining water in the press felt 17. The suction roll 29 removes water from the press felt 17 and thus increases the capacity of the press felt to absorb the water squeezed in the nip N1 and carry it away.

[0035] The embodiment according to FIG. 4 is similar to that of FIG. 3, except that it further includes a preheating device 27 corresponding to the embodiment of FIG. 2, and a steam box 31 is arranged on the outside of the press felt 17 immediately in front of the suction roll 29 in order to increase the dewatering capacity thereof.

[0036] In the embodiment according to FIG. 5 (which, along with the embodiments of FIGS. 6-10, are suitable for re-builds of existing multi-press conventional machines), the first inner forming clothing 8, the press felt 17, and the structuring belt 14 have their own loops, wherein the forming clothing 8 is a felt running about a plurality of rolls 18'. The press section 3 in this case comprises a pre-press 32 including a first press element 33 located within the loop of the press felt 17 and a second press element 34 located within the loop of the first inner forming clothing 8, the press elements 33, 34 forming a press nip N0 therebetween through which the forming clothing 8 carrying the fibrous web 1' runs in order to meet the press felt 17 which also runs through the press nip N0 in order to receive the formed fibrous web 1' and carry it on to the main press 11. The forming clothing 8 thus also forms the second press felt of the pre-press 32. The supporting roll located immediately upstream of the second press element 34 is a suction roll 35 by means of which water is removed from the forming clothing 8. A steam box 36 is located on the outside of the forming clothing 8 immediately in front of or opposite to the suction roll 35 in order to enhance dewatering of the clothing 8. Immediately in front of the first roll 18' after

the pre-press 32, a spray device 53' is arranged on the inside of the forming clothing 8 for supplying clarified white water into the wedge-shaped tapering space between the forming clothing 8 and the roll 18', the water being pressed into the forming clothing 8 and displacing the contaminated water in the forming clothing 8 after pressing in the pre-press 32 through and out of the forming clothing 8 when this runs about the roll 18'. Upstream of the following roll 18', suction boxes 54' (or similar devices) are arranged on the outside of the forming clothing 8 in order to withdraw and remove water from clothing 8 serving as the press felt 8, and a high-pressure water spray device 55' is arranged to clean the forming clothing 8 before it reaches the forming roll 7.

[0037] The embodiment according to FIG. 6 is similar to that of FIG. 5, except that it further includes a preheating device 27 corresponding to the embodiment of FIG. 2.

[0038] In the embodiment according to FIG. 7, the first inner forming clothing 8, that is a forming fabric, the press felt 17, and the structuring belt 14 having the structuring layer 60 have their own loops as in the embodiment according to FIG. 5. In this case, the forming section 5 is thus a twin-wire C-former. The forming roll 7 may be a suction roll if desired. The press section 3 in this case also comprises a pre-press 32 including a first press element 33 located within the loop of the press felt 17 and a second press element 34 located within a second press felt 37 running in a loop about a plurality of support rolls 38, wherein the support roll located immediately upstream of the second press element 34 is a suction roll 39 by means of which water is removed from the second press felt 37. A steam box 50 is located on the outside of the second press felt 37 immediately in front of or opposite to the suction roll 39 in order to improve dewatering of the press felt 37. The second press felt 37 runs in contact with the first inner forming fabric 8 in order to form a transfer zone in which the press felt 37, the formed fibrous web 1' and the forming fabric 8 form a sandwich structure. When the fibrous web 1' leaves the transfer zone, it is carried by the second press felt 37. A suction device 51 may be located within the loop of the second press felt 37 after the transfer zone in order to ensure the transfer of the fibrous web 1'. Immediately in front of the first support roll 38 after the pre-press 32, a spray device 53' is arranged on the inside of the press felt 37 for supplying clarified white water into the wedge-shaped tapering space between the press felt 37 and the support roll 38, the water being pressed into the press felt 37 and displacing the contaminated water in the press felt 37 after pressing in the pre-press 32 through and out of the press felt 37 when this runs about the support roll 38. Upstream of the following support roll 38, suction boxes 54' are arranged on the outside of the press felt 37 in order to withdraw and remove water from the press felt 37, and a high-pressure water spray device 55' is arranged to clean the press felt 37 before it reaches the suction device 51.

[0039] The embodiment according to FIG. 8 is similar to that of FIG. 7, except that it further includes a preheating device 27 after the main press corresponding to the embodiment of FIG. 2 in order to increase the temperature and dryness of the wet paper web 1'.

[0040] The embodiment according to FIG. 9 is similar to that of FIG. 7 except that the wet section 2 in this case has a forming section 5 of a type other than C-former and Crescent former as mentioned previously. The forming section according to FIG. 9 is a so-called suction breast roll former including a headbox 6, a forming roll 7 (a so-called suction breast roll)

and a forming clothing 8 running in a loop about the suction breast roll 7 and supporting rolls 18 and forming a transfer zone with the second press felt 37 generally as in the embodiment according to FIG. 7. The suction breast roll 7 has a suction zone 52 forming a forming zone across which the forming fabric 8 passes together with stock emitted from the headbox 6 and dewatered within the forming zone 52 in order to form a formed embryonic fibrous web 1'.

[0041] The embodiment according to FIG. 10 is similar to that of FIG. 9, except that it further includes a preheating device 27 corresponding to the embodiment of FIG. 2.

[0042] The pre-press 32 used in the embodiments according to FIGS. 5-10 may be a press selected from the group of different presses described above in connection with the main press 11.

[0043] As illustrated in FIG. 11, the structuring belt 14 comprises a structuring layer 60 forming the side of the structuring belt 14 that contacts and carries the fiber web. The layer 60 has a web-contacting surface 61 having a three-dimensional (3D) structure formed by depressions 63 in the otherwise flat web-contacting surface 61, the depressions 63 being regularly recurrent and distributed in the longitudinal direction (MD) and cross direction (CD) of the structuring belt 14. The web-contacting surface 61 thus has a flat, continuous top surface area 70 in which the depressions 63 in the form of recesses or depressions are defined. Each depression 63 in the web-contacting surface 61 is thus delimited by the continuous top surface area 70. In addition to these depressions 63, further patterns in the form of figures or logos may be formed in the structuring layer 60.

[0044] All of the depressions can be identical if desired. Alternatively, the depressions can comprise two or more groups of depressions, wherein the design of the depressions in the different groups differs, but the depressions within each group are identical.

[0045] Tests have shown that the form, extent, and volume of the depressions 63 are very important with respect to the runnability of the tissue-making machine (and particularly with respect to the ability of the fibrous web to separate from the structuring layer 60 under the influence of hydraulic pressure communicated into the depressions) as well as its ability to produce a tissue paper web of good quality, i.e., having high bulk of 8-20 cm<sup>3</sup>/g and high softness, at a lower energy consumption compared to corresponding conventional or TAD-machines having comparable dimensions. Alternatively the process/structuring layer of the invention can allow decreasing the required drying capacity/energy supply (e.g., decreased drying section/machine dimensions or fewer fans for the hood/air supply) while keeping the same dimensions and speed as those of conventional or TAD-machines, or can allow increasing the machine speed (higher production) at the same energy consumption and the same dimensions as those of conventional or TAD-machines.

[0046] In order to achieve an optimum structure and dryness of the web, it is important that the structuring belt 14 allows the wet fibrous web 1' to be formed into the depressions 63 when the fibrous web 1' passes through the press nip N1 sandwiched between the press felt 17 and the structuring belt 14. It is also important that the press felt 17 can reach down into the depressions 63 during the pressing process in order to build up a sufficiently high hydraulic pressure so that water in the wet fibrous web 1' can move into the press felt 17 and not remain in the fibrous web at the end of the pressing operation. The depressions 63 must be sufficiently large to

allow the press felt 17 to penetrate into the depressions 63 together with the fibrous web. Each depression 63 must have an optimum depth that allows water in the bottom of the depression 63 to be transported away. In other words, the depth of the depression 63 must not be too great, as an excessive depth will prevent the desired hydraulic pressure from building up and thus will not facilitate the release of the web after leaving the press nip.

[0047] The structuring layer 60 with this specific well-defined, structured, web-contacting surface 61 is an important parameter for controlling the structure, thickness/bulk, and dryness of the structured and partially dewatered fibrous web 1" after the press nip N1 before final drying.

[0048] The pressure in the press nip N1 should not be excessively high but rather should be within the normal ranges conventionally used for pressing, and the press felt 17 can be of the conventional elastically compressible type, which, in addition to its required water-receiving capacity during compression, is able to be elastically deformed into the web-contacting surface of the structuring layer 60 with the wet fibrous web 1" located therebetween in the manner as described above for co-acting with the depressions 63 so as to create the hydraulic pressure therein.

[0049] Each depression 63 has a predetermined dimension l in the machine direction (MD) of the structuring layer 60 and a predetermined dimension b in the cross direction (CD) of the belt 14. The depressions 63 may be oriented in the machine direction, in which case  $l > b$ , or in the cross direction, in which case  $l < b$ . However, the depressions 63 are preferably oriented substantially in the machine direction, as this gives better and more-uniform creping and results in a softer tissue paper.

[0050] Each depression 63 also has a predetermined depth d, a predetermined area a, and a predetermined volume v. The depth d of each depression may be constant over substantially all of the depression 63, in which case the depression 63 has a bottom surface 71 that is flat and parallel to the top surface area 70. The depth d alternatively may vary over the surface of the depression 63, in which case the depth d represents an average or mean depth over the surface of the depression.

[0051] The depressions 63 are arranged at a predetermined distance from each other so that they are distributed in a uniform manner over the web-contacting surface 61 and cover a predetermined part thereof. Thus, the abovementioned continuous top surface area 70 constitutes the remaining part of the web-contacting surface 61 and delimits the depressions 63, and constitutes the part of the web-contacting surface 61 cooperating with the drying surface 20 when the fibrous web 1" is transferred to the drying cylinder 19.

[0052] The above-mentioned parameters must therefore cooperate in order to obtain good runnability (such as no web breaks) and good quality of the tissue paper web 1". Tests have shown that the following parameters should exist in order to achieve this:

l [mm]	b [mm]	d [mm]	a [mm <sup>2</sup> ]	v [mm <sup>3</sup> ]
0.25-2.5	0.25-2.0	0.05-0.6	0.063-5.0	0.05-1.0

[0053] In the case where the depth of the depression 63 varies between being in the non-compressed state and in the compressed state in the nip depending on the material used, the value d refers to the mean depth of the depression. How-

ever, under no circumstances should the greatest depth value d of the depression exceed 0.6 mm, as measured when the structuring layer 60 of the structuring belt 14 is under compression in a press nip.

[0054] In addition to the abovementioned parameter values, the depressions preferably should collectively cover between about 20% and about 80% of the total web-contacting surface 61.

[0055] A tissue paper web (preferably creped) having the following properties on the reel can be manufactured in a tissue papermaking machine provided with a structuring belt with a structuring layer as above:

Basis weight	10-50 g/m <sup>2</sup>
Thickness	160-400 μm, preferably 200-300 μm
Bulk	8-20 cm <sup>3</sup> /g
MD tensile strength	50-300 N/m
CD tensile strength	30-250 N/m and
Softness	70-90 at a scale from 0 to 100,

while the conventional creped tissue paper web has a bulk of 6-9 cm<sup>3</sup>/g and softness of 50-70 measured according to EMTEC TSA (Tissue Softness Analyzer with a scale from 0 to 100) for conditioned paper at 20° C. and 50% air humidity.

[0056] More specifically, tissue paper of a quality suitable for facial tissue, toilet paper, and household paper can be manufactured by a tissue papermaking machine according to the invention, the tissue paper having the following properties:

	Facial	Toilet paper	Household paper
Basis weight (g/m <sup>2</sup> )	13-15	15-25	18-23
Bulk (cm <sup>3</sup> /g)	10-13	10-15	10-14
MD tensile strength (N/m)	70-120	50-150	170-300
CD tensile strength (N/m)	50-100	30-100	170-300

[0057] FIG. 11 shows a first embodiment of a structuring belt 14 with a structuring layer 60, a reinforcing layer 57, and a wear layer 58. FIG. 12 is a partial view of this belt 14 in a cross section in the machine direction (MD). The web-contacting surface 61 of the forming layer 60 has a plurality of identical depressions 63 arranged in parallel rows 72 extending in the machine direction of the belt 14. Adjacent rows 72 are displaced by approximately half the length of a depression relative to each other in the machine direction. Each depression 63 is substantially in the form of a recess whose shape (as viewed in the z-direction) is substantially a square block with cylindrical ends, which may alternatively be described as an oval shape. The square blocks or ovals extend in the machine direction of the belt 14. The bottom surface 71 of each depression 63 is flat and parallel to the continuous top surface area 70 (although such flat/parallel configuration is not a necessity, but is a result of the laser engraving technique used to form the depressions) in this case. If there is an underlying reinforcing structure beneath the structuring layer 60, the depth d of the depression does not reach the reinforcing structure. Thus, the depressions 63 are entirely formed within the thickness of the structuring layer 60. The side walls 73 of the depression 63 form a substantially 90° angle relative to the bottom surface 71 of the depression (which again is not a necessity, and this could vary depending on the manufacturing technique

employed). The depressions **63** have a dimension *l* in the machine direction of 2.0 mm and a dimension *b* in the cross direction of 1.0 mm. The depth *d* is 0.3 mm. The depressions **63** have an area *a* of 0.3-4.0 mm<sup>2</sup>, more preferably 0.5-2.0 mm<sup>2</sup>, for example 1.8 mm<sup>2</sup>, and a volume *v* of approximately 0.05-1.0 mm<sup>3</sup>, preferably 0.536 mm<sup>3</sup>. The distance *s* between two adjacent depressions **63** in the machine direction is approximately 1.0 mm. The distance *t* between two adjacent rows **72** of depressions **63** in the cross direction is approximately 0.5 mm. The depressions **63** cover approximately 20-80% of the web-contacting surface **61**, preferably 40% of the web-contacting surface.

**[0058]** FIG. 13 shows a second embodiment of a structuring belt **14** according to the invention. In this embodiment, the structuring belt **14** consists solely of a structuring layer **60**. The structuring layer **60** of the belt **14** has depressions **63** of substantially the same form and arranged in the same manner as the depressions **63** described above. In this case, the depressions **63** have a dimension *l* in the machine direction of 1.0 mm, a dimension *b* in the cross direction of 0.5 mm, a depth *d* of 0.2 mm, an area *a* of approximately 0.3-4.0 mm<sup>2</sup>, preferably of 0.45-0.5 mm<sup>2</sup>, and a volume *v* of approximately 0.089 mm<sup>3</sup>. The distance *s* between two adjacent depressions **63** in the machine direction is 0.5 mm. The distance *t* between two adjacent rows **72** of depressions **63** in the cross direction is 0.5 mm.

**[0059]** FIG. 14 shows a third embodiment of a layered structuring belt **14** according to the invention, said structuring layer of the belt **14** also having the depressions **63** of substantially the same form and arranged in the same manner as the depressions described in connection with FIG. 11. In this case, the depressions **63** are slightly larger than the depressions shown in FIG. 13 and have a dimension *l* in the machine direction of 0.5 mm, a dimension *b* in the cross direction of 1.0 mm, a depth *d* of 0.4 mm, and a volume *v* of approximately 0.514 mm<sup>3</sup>. The distance *s* between two adjacent depressions **63** in the machine direction is 0.5 mm. The distance *t* between two adjacent rows **72** of depressions **63** in the cross direction is 0.5 mm.

**[0060]** FIG. 15 shows a further embodiment of a structuring belt **14** according to the invention. In this case, the depressions **63** are formed by recesses or depressions, which, except for rounded inner corners, are substantially entirely rectangular or formed as square blocks. The depressions **63** are arranged in rows **72** extending in the machine direction of the belt **14** and columns **74** extending in the cross direction of the belt **14**. In this embodiment, the depressions **63** have a dimension *l* in the machine direction of 2.0 mm, an extent *b* in the cross direction of 2.0 mm, a depth *d* of 0.2 mm, an area of approximately 3.9 mm<sup>2</sup>, and a volume *v* of approximately 0.79 mm<sup>3</sup>. The distance *s* between two adjacent depressions **63** in the machine direction is 1.0 mm. The distance *t* between two adjacent rows **72** of depressions **63** in the cross direction is 1.0 mm.

**[0061]** FIG. 16 shows an alternative embodiment of a structuring belt **14**, in which the belt **14** instead of recesses is provided with elevations **62** in the form of projecting portions or "islands" in the otherwise flat, continuous surface area **76**. The same parameter values specified above in the case of the belts **14** with recesses also apply to this variant of the structuring belts, with the difference that the value *d* in this case gives the height of the elevations. In the embodiment shown in FIG. 16, the elevations **62** are in the form of square blocks projecting 0.2 mm from the surface area **76**. The square

blocks are 1 mm long and 1 mm wide and are arranged in rows extending diagonally in the machine direction of the structuring belt **14**. The elevations consequently have a dimension *l* in the machine direction and a dimension *b* in the cross direction of approximately 1.4 mm in each case. Each elevation **62** has an area *a* of approximately 1.9 mm<sup>2</sup> and a volume *v* of approximately 0.8 mm<sup>3</sup>. The elevations **62** cover approximately 35% of the web-contacting surface **61**. The upper surface areas **75** of the elevations **62** are preferably flat so that they cooperate with the drying surface **20** when the fibrous web **1'** is transferred to the drying cylinder **19**.

**[0062]** The structuring layer **60** is preferably made of a polymer material, e.g., polyurethane, in which layer **60** the depressions **63** preferably are formed by laser burning. The structuring layer **60** may alternatively be made of a different material, e.g., metal or carbon fiber, and other techniques may be used to form the depressions. The structuring layer **60** is preferably approximately 3-6 mm thick, but its thickness may be between 0.2 and 10 mm. The structuring layer **60** may be provided with a reinforcing member **57** and a wear layer **58**.

**[0063]** The structuring belt **14** with the layer **60** is preferably substantially water-impermeable as mentioned for the tissue papermaking machines shown in the drawings. Alternatively, the structuring belt **14** may be made permeable. This can help control of the adhesion of the web to the belt. For example, the structuring layer **60** may be needled so that it has through holes. The depressions or the surface area surrounding the depressions, or both, may be needled. Like the structuring layer **60**, the wear layer **58** also can be needled if desired.

**[0064]** In order to increase the service life of the structuring belt **14**, the structuring belt **14** may comprise a wear layer **58**, e.g., in the form of a felt layer which is needled into the structuring layer **60** and arranged on the side of the structuring belt **14** directed away from the fibrous web.

**[0065]** In order to increase the strength of the structuring belt **14**, the structuring belt **14** may comprise reinforcing means **57**, e.g., in the form of reinforcement wires arranged within the structuring layer **60**, a metal strip or a fabric.

**[0066]** With the aid of a structuring belt **14** according to the invention, it is thus possible to manufacture a tissue paper web which, after creping from the drying surface **20** and conditioning at 20° C. and an air humidity of 50%, has a basis weight in the range of 10-50 g/m<sup>2</sup>, a thickness in the range of 160-400 μm, preferably 200-300 μm, a bulk in the range of 8-20 cm<sup>3</sup>/g, an MD tensile strength in the range of 50-300 N/m, a CD tensile strength in the range of 30-250 N/m, and a softness in the range of 70-90 as measured according to EMTEC TSA (Tissue Softness Analyzer) with a measuring scale of 0 to 100.

**[0067]** FIG. 17 is a cross section through a tissue paper web **1** manufactured by a structuring belt including depressions **63** according to the invention. By virtue of the three-dimensional structure of the structuring layer **60**, the finished tissue paper web **1** has a varying thickness, wherein the thickness of the tissue paper web **1** is smaller in those portions **77** in which the tissue paper web **1** has been formed by the top surface area **70** than in those portions **78** in which the tissue paper web **1** has been formed by the depressions **63** of the structuring belt **14**.

**[0068]** The fibrous web **1'**, **1''** preferably comprises a short-fiber layer and a long-fiber layer, wherein the fibrous web **1'**, **1''** is transferred to the drying surface **20** in the transfer nip **N2** with the short-fiber layer directed towards the drying surface **20**. The finished tissue paper web **1** thus preferably also has a

short-fiber layer on one side **79**, i.e., the side which has been in contact with the drying surface **20**, and a long-fiber layer on its other side **80**, i.e., on the side which has been in contact with the structuring belt **14**. FIG. **18** shows the long-fiber side **80** of the tissue fibre web **1**.

**[0069]** The invention has been described above by way of a number of embodiments. However, it will be clear that other embodiments or variants are within the scope of the invention. For instance, it will be clear that alternative embodiments of the depressions are possible without going beyond the scope of the invention as defined in the claims. Alternative embodiments of this kind comprise, e.g. circular, rhombic or elliptical depressions, the longitudinal axes of which do not necessarily have to be situated in the machine or cross direction of the structuring belt, but may form an angle therewith.

What is claimed is:

**1.** A structuring layer of a structuring belt for structuring a wet fibrous web by means of pressing in a press section of a tissue papermaking machine for manufacturing a high bulk tissue paper web, said structuring layer being non-woven and having a web-carrying side defining a web-contacting surface for cooperating with the fibrous web, said web-contacting surface having depressions or elevations forming a three-dimensional structure of the web-contacting surface, wherein the depressions or elevations, respectively, are distributed over the web-contacting surface and collectively constitute about 20-80% of the area of the web-contacting surface,

wherein when the web-contacting surface includes the depressions the web-contacting surface includes a flat continuous top surface area between the depressions and delimiting the depressions,

wherein when the web-contacting surfaces includes the elevations the web-contacting surface includes a flat valley surface area between the elevations and delimiting the elevations, and

wherein each depression or elevation, respectively, has a dimension *l* of 0.25-2.5 mm in a first direction in the plane of the top surface area or valley surface area, respectively, a dimension *b* of 0.25-2.0 mm in a second direction in the plane of the top surface area or valley surface area, respectively, said first and second directions being at right angles to each other, a mean depth or mean height *d* of 0.05-0.6 mm when the structuring layer is in a compressed state in a press nip, and an area *a* as measured in the plane of the top surface area or valley surface area, respectively, of 0.063-5.0 mm<sup>2</sup>.

**2.** The structuring layer according to claim **1**, wherein the top surface area or valley surface area, respectively, is continuous.

**3.** The structuring layer according to claim **2**, wherein each depression or elevation has an area *a* as measured in the plane of the top surface area or valley surface area, respectively, of 0.5-2.0 mm<sup>2</sup>.

**4.** The structuring layer according to claim **2**, wherein each depression or elevation has a volume *v* of 0.05-1.0 mm<sup>3</sup>.

**5.** The structuring layer according to claim **2**, wherein a plurality of the depressions or elevations in the web-contacting surface are identical.

**6.** The structuring layer according to claim **5**, wherein the depressions or elevations are arranged in a regular pattern.

**7.** The structuring layer according to claim **6**, wherein there are a plurality of groups of the depressions or elevations, the depressions or elevations of each group being identical to one

another but different from the depressions or elevations of at least one other one of the groups.

**8.** The structuring layer according to claim **1**, wherein the depressions or elevations are arranged in parallel rows extending in the machine direction (MD) of the structuring layer.

**9.** The structuring layer according to claim **1**, wherein the dimension *l* of each depression or elevations extends in the machine direction (MD) of the structuring layer, the dimension *b* of each depression or elevations extends in the cross direction (CD) of the structuring layer, and *l*>*b*.

**10.** The structuring layer according to claim **1**, wherein the structuring layer is manufactured from one of polyurethane, carbon fiber, and metal.

**11.** The structuring layer according to claim **1**, wherein the structuring layer is water-impermeable.

**12.** The structuring layer according to claim **1**, wherein the structuring layer is water-permeable.

**13.** A structuring belt for structuring a wet fibrous web in a press section by means of pressing in a tissue papermaking machine for manufacturing a high bulk tissue paper web, the structuring belt comprising:

a structuring layer that is non-woven and that has a web-carrying side defining a web-contacting surface for cooperating with the fibrous web, said web-contacting surface having depressions or elevations forming a three-dimensional structure of the web-contacting surface, wherein the depressions or elevations, respectively, are distributed over the web-contacting surface and collectively constitute about 20-80% of the area of the web-contacting surface,

wherein when the web-contacting surface includes the depressions the web-contacting surface includes a flat continuous top surface area between the depressions and delimiting the depressions,

wherein when the web-contacting surfaces includes the elevations the web-contacting surface includes a flat valley surface area between the elevations and delimiting the elevations, and

wherein each depression or elevation, respectively, has a dimension *l* of 0.25-2.5 mm in a first direction in the plane of the top surface area or valley surface area, respectively, a dimension *b* of 0.25-2.0 mm in a second direction in the plane of the top surface area or valley surface area, respectively, said first and second directions being at right angles to each other, a mean depth or mean height *d* of 0.05-0.6 mm when the structuring layer is in a compressed state in a press nip, and an area *a* as measured in the plane of the top surface area or valley surface area, respectively, of 0.063-5.0 mm<sup>2</sup>.

**14.** The structuring belt according to claim **13**, wherein the structuring layer further comprises a wear layer arranged on the side of the structuring layer intended to be directed away from the fibrous web.

**15.** The structuring belt according to claim **14**, wherein the structuring layer further comprises reinforcing means.

**16.** The structuring belt according to claim **13**, wherein the structuring belt is water-impermeable.

**17.** The structuring belt according to claim **13**, wherein the structuring belt is water-permeable.

18. A press section for a tissue papermaking machine, the press section comprising:

a main press including:

a first press element,

a second press element, said first and second press elements forming a press nip (N1) therebetween,

a first clothing in the form of an elastically compressible press felt running in an endless loop about a plurality of support rolls and through the press nip (N1) together and in contact with the formed fibrous web, wherein the second press element is arranged within the loop of the press felt,

a second clothing running in an endless loop about a plurality of support rolls and through the press nip (N1) together and in contact with the formed fibrous web, wherein the first press element is arranged within the loop of the second clothing, and

a transfer roll for forming a transfer nip (N2) against a drying surface of a drying section following the press section, said transfer roll being arranged within the loop of the second clothing,

wherein the second clothing comprises a structuring belt comprising a structuring layer that is non-woven and that has a web-carrying side defining a web-contacting surface for cooperating with the fibrous web, said web-contacting surface having depressions or elevations forming a three-dimensional structure of the web-contacting surface, wherein the depressions or elevations, respectively, are distributed over the web-contacting surface and collectively constitute about 20-80% of the area of the web-contacting surface,

wherein when the web-contacting surface includes the depressions the web-contacting surface includes a flat continuous top surface area between the depressions and delimiting the depressions,

wherein when the web-contacting surfaces includes the elevations the web-contacting surface includes a flat valley surface area between the elevations and delimiting the elevations, and

wherein each depression or elevation, respectively, has a dimension l of 0.25-2.5 mm in a first direction in the plane of the top surface area or valley surface area, respectively, a dimension b of 0.25-2.0 mm in a second direction in the plane of the top surface area or valley surface area, respectively, said first and second directions being at right angles to each other, a mean depth or mean height d of 0.05-0.6 mm when the structuring layer is in a compressed state in a press nip, and an area a as measured in the plane of the top surface area or valley surface area, respectively, of 0.063-5.0 mm<sup>2</sup>.

19. The press section according to claim 18, wherein the press nip (N1) is an extended press nip.

20. The press section according to claim 19, wherein one of the press elements comprises a shoe press roll.

21. The press section according to claim 19, wherein one of the first and second press elements comprises an elastically deformable supporting element conformable to a surface of the other of the press elements during operation.

22. A tissue papermaking machine for manufacturing a structured high bulk tissue paper web by means of pressing, comprising:

a wet section for forming a fibrous web;

a drying section for final drying of the fibrous web, said drying section comprising a drying surface for drying the fibrous web; and

a press section arranged between the wet section and the drying section, the press section comprising a main press including:

a first press element;

a second press element, said first and second press elements forming a press nip (N1) therebetween;

a first clothing in the form of an elastically compressible press felt running in an endless loop about a plurality of support rolls and through the press nip (N1) together and in contact with the formed fibrous web, wherein the second press element is arranged within the loop of the press felt;

a second clothing running in an endless loop about a plurality of support rolls and through the press nip (N1) together and in contact with the formed fibrous web, wherein the first press element is arranged within the loop of the second clothing; and

a transfer roll for forming a transfer nip (N2) against the drying surface of the drying section, said transfer roll being arranged within the loop of the second clothing;

wherein the second clothing comprises a structuring belt comprising a structuring layer that is non-woven and that has a web-carrying side defining a web-contacting surface for cooperating with the fibrous web, said web-contacting surface having depressions or elevations forming a three-dimensional structure of the web-contacting surface, wherein the depressions or elevations, respectively, are distributed over the web-contacting surface and collectively constitute about 20-80% of the area of the web-contacting surface,

wherein when the web-contacting surface includes the depressions the web-contacting surface includes a flat continuous top surface area between the depressions and delimiting the depressions,

wherein when the web-contacting surfaces includes the elevations the web-contacting surface includes a flat valley surface area between the elevations and delimiting the elevations, and

wherein each depression or elevation, respectively, has a dimension l of 0.25-2.5 mm in a first direction in the plane of the top surface area or valley surface area, respectively, a dimension b of 0.25-2.0 mm in a second direction in the plane of the top surface area or valley surface area, respectively, said first and second directions being at right angles to each other, a mean depth or mean height d of 0.05-0.6 mm when the structuring layer is in a compressed state in a press nip, and an area a as measured in the plane of the top surface area or valley surface area, respectively, of 0.063-5.0 mm<sup>2</sup>.

23. The tissue papermaking machine according to claim 22, wherein the wet section comprises a headbox, a forming roll, a dewatering device, and a first forming clothing running about and in contact with the forming roll.

24. The tissue papermaking machine according to claim 23, wherein the dewatering device comprises a suction device arranged in the loop of the first forming clothing downstream of the forming roll, and a steam-applying device arranged on the outside of the loop of the first forming clothing in front of or opposite to the suction device.



25. The tissue papermaking machine according to claim 23, wherein the loop of the structuring belt extends between the main press and the transfer roll and the loop of the press felt of the main press extends between the forming roll and the main press, wherein the press felt of the main press also forms said first forming clothing.

26. The tissue papermaking machine according to claim 23, wherein the loop of the structuring belt extends between the forming roll and the transfer roll so as to also form said first forming clothing.

27. The tissue papermaking machine according to claim 22, wherein the drying surface is formed by the shell surface of a drying cylinder.

28. The tissue papermaking machine according to claim 22, wherein the drying surface is formed by one of a Yankee cylinder and a TAD cylinder wrapped by a TAD fabric.

29. The tissue papermaking machine according to claim 22, wherein the drying surface is formed by a metal belt.

30. The tissue papermaking machine according to claim 22, wherein the press section further comprises a pre-press including a first pre-press element and a second pre-press element, said pre-press elements forming a press nip (N0) therebetween, a press felt running in an endless loop about a plurality of support rolls and through the press nip (N0) together with the press felt of the main press, wherein the second pre-press element is arranged within the loop of the press felt of the pre-press and the first pre-press element is arranged within the loop of the press felt of the main press, and wherein the formed fibrous web runs through the press nip (N0) of the pre-press sandwiched between the press felt of the main press and the press felt of the pre-press.

31. The tissue papermaking machine according to claim 30, wherein the structuring belt extends between the main press and the transfer roll, the press felt of the main press extends between the pre-press and the main press, and the first forming clothing extends between the forming roll and the pre-press and forms the press felt of the pre-press.

32. The tissue papermaking machine according to claim 30, wherein the structuring belt extends between the main press and the transfer roll, the press felt of the main press extends between the pre-press and the main press, the press felt of the pre-press extends between a transfer zone and the pre-press, and the loop of the first forming clothing extends between the forming roll and a support roll arranged in connection to said transfer zone.

33. The tissue papermaking machine according to claim 22, wherein at least one of the press nips (N1, N2) is an extended press nip.

34. The tissue papermaking machine according to claim 32, wherein the main press is a shoe press.

35. The tissue papermaking machine according to claim 22, wherein one of the first and second press elements comprises an elastically deformable supporting element conformable to a surface of the other of the press elements during operation.

36. A method of manufacturing a structured high bulk tissue paper web in a tissue papermaking machine according to claim 22, said method comprising:

- forming a fibrous web in the wet section;
- partially dewatering and structuring the wet fibrous web by pressing in the press section; and
- finally drying the fibrous web in the drying section;

wherein the fibrous web is carried by the structuring belt from the press nip (N1) of the main press to the transfer nip (N2) of the transfer roll against the drying surface.

37. The method according to claim 36, wherein the fibrous web is partially dewatered prior the press section so as increase dryness of the fibrous web from a dryness in a range of 8-12% to a dryness in a range of about 15-30%.

38. The method according to claim 36, wherein the fibrous web is partially dewatered in the press section so as increase dryness of the fibrous web from a dryness in the range of about 15-30% to a dryness in the range of 42-52%.

39. The method according to claim 36, wherein the fibrous web is formed as a multi-layered fibrous web having a short-fiber layer and a long-fiber layer, and the fibrous web is transferred to the drying surface in the transfer nip (N2) with the short-fiber layer directed towards the drying surface.

40. The method according to claim 36, wherein the fibrous web is formed from one of short fibers, long fibers, and a mixture of short and long fibers.

41. The method according to claim 40, wherein the fibrous web is formed to further include recycled fibers.

42. A method of converting or rebuilding an existing conventional tissue papermaking machine into a machine for manufacturing a high bulk soft tissue paper web, the conventional machine including a press section comprising at least one press formed by a first press element and a second press element forming a press nip (N1) therebetween, a first clothing in the form of an elastically compressible press felt running in an endless loop about a plurality of support rolls and through the press nip (N1) together and in contact with the formed fibrous web, wherein the second press element is arranged within the loop of the press felt, a second clothing running in an endless loop about a plurality of support rolls and through the press nip (N1) together and in contact with the formed fibrous web, wherein the first press element is arranged within the loop of the second clothing, and a transfer roll for forming a transfer nip (N2) against a drying surface of a drying section following the press section, said transfer roll being arranged within the loop of the second clothing, the method comprising the step of:

replacing the second clothing of the press section by a structuring belt according to claim 13 for carrying the pressed fiber web from the last press nip of the press section to the transfer nip.

43. A method of converting or rebuilding an existing TAD-type tissue papermaking machine into a machine for manufacturing a high bulk soft tissue paper web at a reduced energy consumption, the existing TAD-type tissue papermaking machine having a TAD device comprising a TAD cylinder wrapped by a TAD fabric for dewatering of the tissue paper web, the method comprising the step of:

replacing the TAD device by the press section according to claim 18.

44. The method according to claim 43, wherein energy consumption is reduced by configuring the press section to having comparable dimensions and speed to those of the replaced TAD device.

45. A method of converting or rebuilding an existing TAD-type tissue papermaking machine into a machine for manufacturing a high bulk soft tissue paper web at a higher speed, the existing TAD-type tissue papermaking machine having a TAD device comprising a TAD cylinder wrapped by a TAD fabric for dewatering of the tissue paper web, the method comprising the step of:

replacing the TAD device by the press section according to claim 18.

46. A method of converting or rebuilding an existing conventional tissue papermaking machine into a machine for manufacturing a high bulk soft tissue paper web at a higher speed, the existing conventional tissue papermaking machine having a press section for pressing and dewatering of a wet tissue paper web and a drying section for drying the pressed tissue paper web, the press section having a last press nip through which the wet tissue paper web passes along with a clothing that carries the pressed tissue paper web from the last press nip to a transfer nip of the drying section, the method comprising the step of:

replacing the clothing of the last press by a structuring belt according to claim 13 for carrying the pressed tissue paper web from the last press nip of the press section to the transfer nip of the drying section.

47. A method of converting or rebuilding an existing conventional tissue papermaking machine into a machine for manufacturing a high bulk soft tissue paper web at a lower energy consumption or a decreased drying section dimension, the existing conventional tissue papermaking machine having a press section for pressing and dewatering of a wet tissue paper web and a drying section for drying the pressed tissue paper web, the press section having a last press nip through which the wet tissue paper web passes along with a clothing that carries the pressed tissue paper web from the last press nip to a transfer nip of the drying section, the method comprising the step of:

replacing the clothing of the last press by a structuring belt according to claim 13 for carrying the pressed tissue paper web from the last press nip of the press section to the transfer nip of the drying section.

48. Use of a structuring belt according to claim 13 for the production of a high-bulk tissue fibrous web in a press section according to claim 18.

49. A tissue paper web manufactured in a tissue papermaking machine according to claim 18 when the structuring layer includes the depressions, wherein, after creping from the drying surface and conditioning at 20° C. and air humidity of 50%, the tissue paper web has a basis weight in the range of 10-50 g/m<sup>2</sup>, a thickness in the range of 160-400 µm, a bulk in the range of 8-20 cm<sup>3</sup>/g, an MD tensile strength in the range of 50-300 N/m, a CD tensile strength in the range of 30-250 N/m, and a softness in the range of 70-90 as measured according to EMTEC TSA (Tissue Softness Analyzer) with a measuring scale of 0-100.

50. The tissue paper web according to claim 49, wherein the web has a varying thickness.

51. The tissue paper web according to claim 50, wherein the thickness of the tissue paper web is smaller in those portions in which the tissue paper web has been formed by the top surface areas than in those portions in which the tissue paper web has been formed by the depressions of the structuring belt of the tissue papermaking machine.

52. The tissue paper web according to claim 49, wherein the tissue paper web is made up of a mixture of short fibers and long fibers.

53. The tissue paper web according to claim 52, wherein the mixture comprises 50-90% by weight of hardwood and 50-10% by weight of softwood fibers.

54. The tissue paper web according to claim 52, wherein the mixture comprises about 70% by weight of hardwood and about 30% by weight of softwood fibers.

55. The tissue paper web according to claim 49, wherein the tissue paper web is made up of a mixture of virgin fibers and recycled fibers.

\* \* \* \* \*

Додаток Г  
Публікації автора

					ЛБ51.705411.001ПЗ	Арк.
						124
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

пошукача кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

### КУРМИШЕВА ОЛЕКСІЯ САЛАВАТОВИЧА

1. Курмишев О.С. Конструкція формуючого пристрою папероробної машини / Курмишев О.С., Гробовенко Я.В. // Збірник тез доповідей XXIII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів» (28-29 листопада 2018 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 55 с.

2. Курмишев О.С. Конструкція формуючого пристрою папероробної машини / Курмишев О.С., Гробовенко Я.В. // Збірник тез доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів» (22-23 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 54 с.

3. Патент на корисну модель UA № 134519, Україна, МПК D21F 1/40 (2006.01). Формуючий вал / Курмишев О.С., Гробовенко Я.В. – Заявл. 26.11.2018, опубл. 27.05.2019, бюл. №10.

					ЛБ51.705411.001ПЗ	Арк.
						125
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**УДК 676.026.24**

## **КОНСТРУКЦІЯ ФОРМУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ**

студент Курмишев О.С., асистент Гробовенко Я.В.

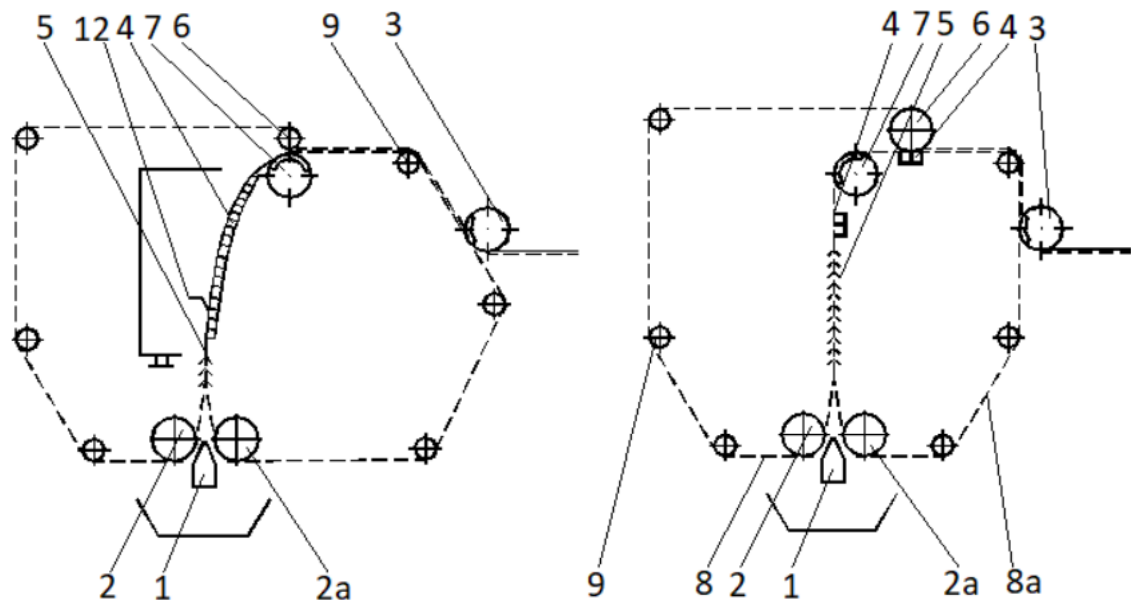
**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Формуючий пристрій паперової машини ПРМ призначений для формування і зневоднення паперового полотна. Пристрій (рис. 1) включає напірний ящик, сітковий стіл, елементи зневоднення, формуючий вал та відсмоктуючий гауч-вал. Напірний ящик призначений для рівномірного і безперервного напуску маси на сітку по всій її ширині. Зараз широко застосовуються закриті напірні ящики, в яких необхідний натиск маси створюється тиском повітряної подушки. Паперова маса на сітку виливається за допомогою напускного пристрою, що забезпечує вихід її з однаковою швидкістю і в однаковій кількості по всій ширині сітки, подачу маси спокійним потоком, без перехресування струменів, завихрень і утворення волокнистих вузлів.

Сітковий стіл представляє собою вертикальну площину, утворену двома сітками, одна із яких натягнута між формуючим валом і відсмоктуючим гауч-валом, а інша тримається на сітководучих валах. Зворотні гілки сіток підтримуються сітководучими, сіткоправильними і сітконатяжними валами. Натяг сіток здійснюється сітконатяжними валами, а сіткоправильні вали служать для запобігання сповзання сіток в сторони від поздовжньої осі столу. В рух сітка приводиться формуючим валом.

Сітка є основним елементом сіткового столу. На ній відбувається формування паперового полотна з волокнистої маси. Сітки піддаються інтенсивному механічному й хімічному впливу, тому вони повинні мати достатню міцність на розрив, вигин, стирання і бути стійкими до корозії. Крім того вони повинні мати хорошу водопропускну здатність і високу щільність, щоб якомога менше дрібних

волокон виводилось із зворотною водою та зменшити маркування паперового полотна.



1 – напірний ящик; 2, 2а – грудні вали; 3 – пересмоктуючий вал;

4 – відсмоктуючий ящик; 5 – дефлектор; 6 – гауч-вал;

7 – відсмоктуючий гауч-вал; 8, 8а – ліва і права сітка; 12 – шабер.

Рисунок 1 – Двосіткові формуючі пристрої ПРМ

Основне призначення зневоднюючих елементів – формування паперового полотна за рахунок створення режиму зневоднення паперової маси на сітці необхідної інтенсивності, а також підтримку сітки від провисання між грудним і гауч-валом. В сучасних швидкохідних папероробних машинах реєстрові валики поступилися місцем гідропланки і мокрим пиловідводним скриньках. Це забезпечує якісне формування структури полотна паперу при більш інтенсивному процесі його зневоднення.

#### Перелік посилань:

1. Марчевський В.М. Обладнання лісового комплексу. Дослідження процесів устаткування целюлозно-паперових виробництв / В.М. Марчевський, О.О. Семінський, В.В. Петров. – К.: НТУУ «КПІ», 2011.

2. Примаков С.П. Технологія паперу і картону: Навч. посіб./ Примаков С.П., Барбаш В.А. – К.: ЕКМО, 2008. – 425с.

# КОНСТРУКЦІЯ ФОРМУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

студент Курмишев О.С., асистент Гробовенко Я.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Основне завдання формуючої частини папероробної машини полягає у зневодненні паперової маси та формуванні безкінечного полотна, що передається на пресову частину. Важливим елементом формуючої частини являється формуючий вал, на поверхню якого безпосередньо подається паперова маса. Сучасні конструкції формуючих валів мають наступні недоліки: 1. Значні енерговитрати на створення вакууму в системі відсмоктування води із полотна; 2. Велика металоємкість та складність конструкцій; 3. Швидке стирання робочої поверхні зневоднюючої панелі; 4. Перфорована оболонка формуючих валів забиваються волокнами і потребують постійного очищення. Для вирішення наведених недоліків представлено конструкції формуючого валу рисунок 1.

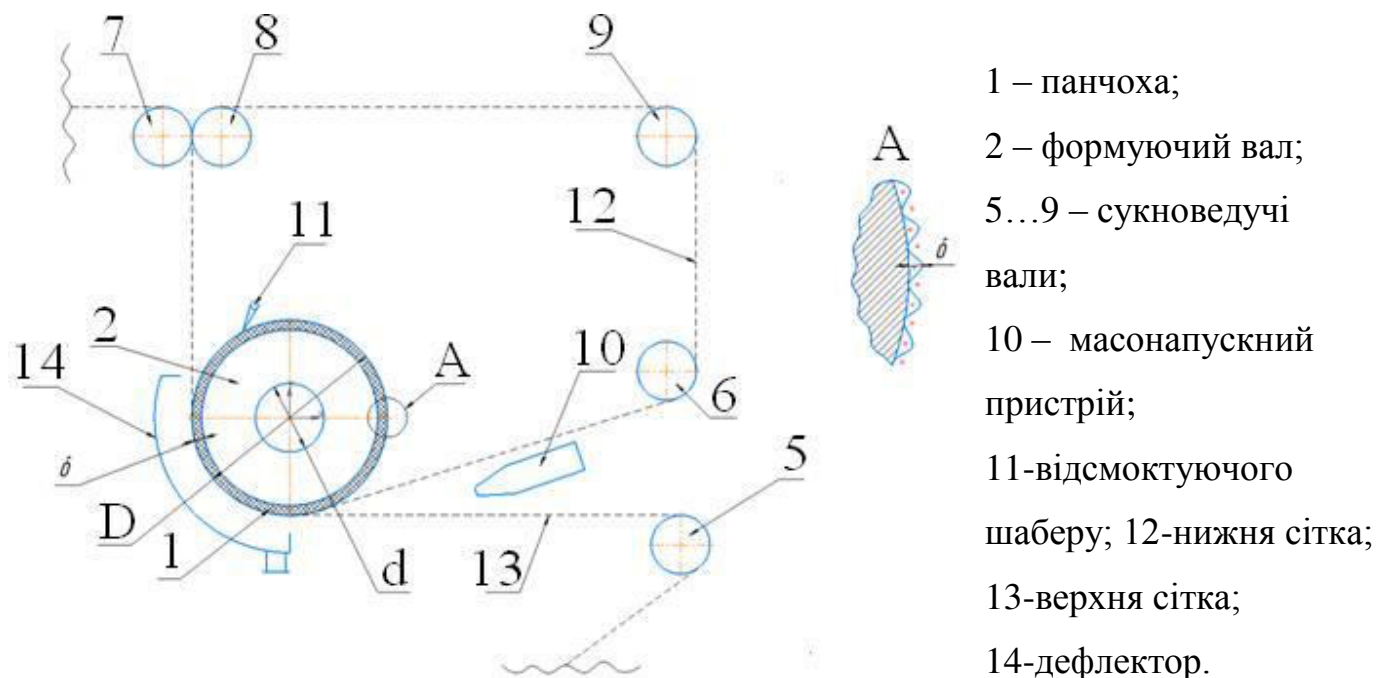


Рисунок 1 – Схема формуючого пристрою

Для введення додаткової поперечної фільтрації води із полотна, формуючий вал, оснащений панchoю, яка розміщена на робочій поверхні валу і закріплена притискними кільцями та гайками. Завдяки цьому досягається збільшення швидкості та продуктивності по відведенні води, а також спрощується конструкція та зменшується металоємкість формуючого валу. Крім того розроблена конструкція формуючого валу дозволяє зменшити енергозатрати на проведення процесу формування паперового полотна за рахунок відсутності системи відсмоктування води.

Формуючий вал для формування і зневоднення паперового або картонного полотна працює наступним чином: волокниста маса подається за допомогою масонапускного пристрою в захват між двома сітками, що огинають вал, та зневоднюється шляхом поперечної фільтрації води у верхню сітку із наступним її відведенням відцентровою силою у дефлектор та у нижню сітку через яку вода потрапляє під тиском в комірки панchoи та видаляється із них за допомогою відсмоктуючого шаберу. Сформоване і частково зневоднене полотно рухається далі на пресову частину машини.

Модернізація формуючого валу спрямована на підвищення ефективності процесу формування та інтенсифікації зневоднення паперового або картонного полотна, зменшення енергозатрат і підвищення якості готової продукції.

### **Перелік посилань:**

1. Марчевський В.М. Обладнання лісового комплексу. Дослідження процесів устаткування целюлозно-паперових виробництв / В.М. Марчевський, О.О. Семінський, В.В. Петров. – К.: НТУУ «КПІ», 2011.
2. Примаков С.П. Технологія паперу і картону: Навч. посіб./ Примаков С.П., Барбаш В.А. – К.: ЕКМО, 2008. – 425с.